



SKRIPSI - SK141501

SINTESIS DAN UJI TOKSISITAS KOMPLEKS KOBALT(II) DENGAN LIGAN 2(4-NITROFENIL)- 4,5-DIFENIL- 1*H*- IMIDAZOL

SHINTA DWITIFANI R. P.
NRP 1411 100 014

Pembimbing
Dr. Fahimah Martak, M.Si

JURUSAN KIMIA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



SCRIPT - SK141501

SYNTHESIS AND TOXICITY TEST OF COBALT(II) COMPLEXES WITH 2(4- NITROPHENYL)-4,5-DIPHENYL-1H-IMIDAZOLE LIGAND

SHINTA DWITIFANI R. P.
NRP 1411 100 014

Advisor Lecturer
Dr. Fahimah Martak, M.Si

CHEMISTRY DEPARTEMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015

LEMBAR PENGESAHAN

SINTESIS DAN UJI TOKSISITAS KOMPLEKS KOBALT(II) DENGAN LIGAN 2(4-NITRO FENIL)- 4,5-DIFENIL-1H-IMIDAZOL

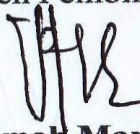
SKRIPSI

Oleh :

SHINTA DWITIFANI R. P.
NRP. 1411 100 014

Surabaya, 6 Juli 2015

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Dr. Fahimah Martak, M.Si.
NIP. 19660703 199102 2 001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia

Hamzah Fansuri, Ph.D.
NIP. 19691017 199412 1 001

SINTESIS DAN UJI TOKSISITAS KOMPLEKS KOBALT(II) DENGAN LIGAN 2(4-NITRO FENIL)- 4,5-DIFENIL-1*H*-IMIDAZOL

Nama : Shinta Dwitifani R. P.
NRP : 1411100014
Jurusan : Kimia
Dosen Pembimbing : Dr. Fahimah Martak, M.Si.

Abstrak

Senyawa kompleks Co(II) dengan ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil- 1*H*- imidazol telah berhasil disintesis. Kompleks yang didapatkan berwujud kristal jarum berwarna kuning dengan rumus molekul $[\text{Co}(\text{2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1H-imidazol})_3]$. Rumus molekul kompleks didukung oleh hasil analisis elemental analyzer (C= 70,305%, H= 4,535% dan N= 11,559%), analisis SSA (Co= 5,53%), dan spektrum FTIR yang menunjukkan adanya puncak khas Co-N dan Co-O pada bilangan gelombang $408,88\text{ cm}^{-1}$ dan 543 cm^{-1} . Uji toksisitas dengan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) dari kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*- imidazol menunjukkan nilai LC_{50} sebesar 265,79 mg/L yang mengindikasikan bahwa kompleks tersebut tidak toksik.

Kata kunci : ligan 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*- imidazol, senyawa kompleks, Co(II), toksisitas .

SYNTHESIS AND TOXICITY TEST OF COBALT(II) COMPLEXES WITH 2(4-NITROPHENYL)-4,5- DIPHENYL-1H-IMIDAZOLE

Name : Shinta Dwitifani R. P.
NRP : 1411100014
Department : Chemistry
Advisor Lecturer : Dr. Fahimah Martak, M.Si.

Abstract

Complex compounds Co(II) with the ligand 2(4-nitrophenyl)-4,5-diphenyl-1H-imidazole has been successfully synthesized. The complex obtained tangible yellow needle crystals with molecular formula $[\text{Co}(\text{2(4-nitrophenyl)-4,5-diphenyl-1H-imidazole})_3]$. Complex molecular formula is supported by the results of the analysis of elemental analyzer (C = 70.305%, H = 4.535% and N = 11.559%), SSA analysis (Co = 5.53%), and the FTIR spectrum showed the typical peaks Co-N and Co-O on 408.88 wave numbers cm^{-1} and 543 cm^{-1} . Toxicity test method Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) of the complex Co(II)-2 (4-nitrophenyl)-4,5-diphenyl-1H-imidazole showed LC_{50} values of 265.79 mg/L indicating that the compound is not toxic.

Keywords : *ligand 2(4-nitrophenyl)-4,5-diphenyl-1H-imidazole, complex compounds, Co(II), toxicity.*

*Karya ini kupersembahkan untuk
Orang Tua & keluarga tercinta
Dosen pembimbing
Yayasan Karya Salemba Empat
PT Indofood Sukses Makmur Tbk
Teman-teman Chemists
Dosen dan karyawan jurusan kimia
serta, teman-teman kimia pada umumnya*

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas limpahan rahmat Allah SWT sehingga naskah Proposal Penelitian yang berjudul **“Sintesis an Uji Toksisitas Kompleks Kobalt(II) Dengan Ligan 2(4-Nitrofenil)- 4,5-Difenil- 1H- Imidazol”** dapat diselesaikan dengan baik.

Tulisan ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan, dukungan, dan dorongan dari semua pihak, untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada :

1. Dr. Fahimah Martak, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, motivasi dan semangat selama proses penyusunan naskah Rancangan Tugas Akhir ini.
2. Hamzah Fansuri, Ph.D. selaku ketua jurusan atas fasilitas yang telah diberikan sehingga naskah Rancangan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Drs. Eko Santoso, M.Si. selaku dosen wali atas semua pengarahannya.
4. Dosen-dosen pengajar Kimia FMIPA ITS atas ilmu yang telah diberikan selama ini.
5. Yayasan Karya Salemba Empat yang telah memberikan banyak bantuan baik finansial maupun non finansial.
6. PT Indofood Sukses Makmur Tbk yang telah menjadi donatur beasiswa saya selama tiga tahun saya kuliah.
7. Orang tua dan kakak saya yang selalu memberikan kasih sayang, perhatian, motivasi dan semangat yang sangat besar.
8. Firdaus Syarif yang telah memberikan semangat dan doa disela kesibukannya.
9. Teman-teman mahasiswa Kimia FMIPA Chem11ts serta teman-teman kimia pada umumnya yang telah memberikan semangat untuk mengerjakan skripsi ini.
10. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa naskah ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk dapat meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga naskah ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua.

Surabaya, 6 Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Senyawa Kompleks.....	5
2.2 Imidazol	5
2.3 Ligan 2(4-Nitrofenil)-4,5-Difenil- <i>1H</i> -Imidazol	7
2.4 Kompleks Kobalt(II).....	8
2.5 Kompleks Logam dengan Turunan Imidazol.....	9
2.6 Analisis Komposisi Senyawa Kompleks.....	10
2.6.1 Penentuan Unsur C,H dan N.....	10
2.6.2 Analisis Spektrometri Serapan Atom (SSA).....	11
2.6.3 Analisis Termogravimetri (TGA).....	13
2.7 Karakterisasi.....	15
2.7.1 Spektroskopi Inframerah (FTIR).....	15
2.7.2 Spektroskopi <i>Nuclear Magnetic Resonance</i> (NMR).....	17
2.7.3 Kromatografi Lapis Tipis (KLT).....	19
2.7.4 Spektroskopi UV-Vis.....	21
2.7.5 Uji Toksisitas <i>Brine Shrimp Lethality</i> (BSL).....	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Alat dan Bahan	25
3.1.1 Alat	25
3.1.2 Bahan	25
3.2 Prosedur Penelitian	26
3.2.1 Sintesis 2(4-Nitrofenil)-4,5-Difenil- <i>1H</i> -Imidazol	26
3.2.2 Penentuan Perbandingan Logam dan Ligan dalam Senyawa Kompleks Co(II) dengan Ligan 2(4-Nitrofenil)- 4,5-Difenil- <i>1H</i> -Imidazol.....	26
3.2.3 Sintesis Kompleks Logam Kobalt(II) dengan Ligan 2(4-Nitrofenil)-4,5- Difenil- <i>1H</i> -Imidazol.....	27
3.2.4 Karakterisasi Senyawa Kompleks.....	27
3.2.4.1 Analisis Mikro Unsur C,H, dan N.....	27
3.2.4.2 Spektroskopi Serapan Atom.....	27
3.2.4.3 Analisis Termogravimetri (TGA).....	28
3.2.4.4 Analisis Spektroskopi Inframerah.....	28
3.2.4.5 Uji Toksisitas <i>Brine Shrimp Lethality</i> (BSL).....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Sintesis Ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	31
4.2 Sintesis Kompleks Kobalt(II) dengan Ligan 2(4- nitrofenil)- 4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	41
4.2.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	41
4.2.2 Metode Variasi Kontinu.....	41
4.2.3 Sintesis Kompleks Kobalt(II) dengan Ligan 2(4- nitrofenil)-4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	42
4.3 Karakterisasi.....	44
4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Kobalt(II) dengan Ligan 2(4-nitrofenil)-4,5- difenil- <i>1H</i> - imidazol menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	44
4.3.2 Analisis Unsur C, H, dan N.....	45
4.3.3 Analisis Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	46
4.3.4 Analisis Termogravimetri (TGA).....	47
4.3.5 Analisis dengan Spektrofotometer FTIR.....	49

4.3.6 Uji Toksisitas <i>Brine Shrimp Lethality Test</i> (BSLT).....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	63
BIOGRAFI PENULIS	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Hasil Analisis Termogravimetri Kompleks [CoLCI ₂]1/2H ₂ O.....	14
Tabel 2.2	Frekuensi Vibrasi Infra Merah.....	15
Tabel 2.3	Ikatan antara Logam dan Ligan pada Senyawa Kompleks.....	17
Tabel 2.4	Nilai pergeseran kimia pada ¹ H-NMR.....	18
Tabel 2.5	Nilai pergeseran kimia pada ¹³ C-NMR.....	19
Tabel 4.1	Pergeseran Proton Senyawa senyawa 2(4-nitrofenil) - 4,5-difenil- 1 <i>H</i> -imidazol.....	40
Tabel 4.2	Perbandingan Komposisi Unsur C, H, dan N secara Eksperimen dan Teoritis.....	46
Tabel 4.3	Perbandingan Komposisi Unsur C, H, N, dan logam Co secara Eksperimen dan Teoritis.....	47
Tabel 4.4	Data TGA Kompleks.....	48
Tabel 4.5	Data Hasil Uji Toksisitas BSLT terhadap Kompleks Co(II).....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Imidazol.....	6
Gambar 2.2	Struktur Senyawa Cimetidine (2), Nitrofurantoin (3), dan Sulconazole Nitrat (4)	7
Gambar 2.3	Reaksi Pembentukan Senyawa 2(4-Nitrofenil)-4,5-Difenil- <i>1H</i> - Imidazol.....	8
Gambar 2.4	Spektroskopi Serapan Atom.....	11
Gambar 2.5	Skema Umum Alat SSA.....	12
Gambar 2.6	Kurva TGA Senyawa Kompleks [CoLCl ₂] ₁ /2H ₂ O, L= 2-amino-N-{2-[(2-aminobenzoil) amino] etil} benzamida	14
Gambar 2.7	Kromatogram Lapis Tipis.....	20
Gambar 4.1	Hasil Uji Kromatografi Lapis Tipis Campuran Reaksi.....	32
Gambar 4.2	Struktur Senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	33
Gambar 4.3	Hasil Uji KLT 3 eluen.....	33
Gambar 4.4	Hasil KLT 2 Dimensi.....	34
Gambar 4.5	Tampilan Fisik Ligan 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	34
Gambar 4.6	Usulan Mekanisme reaksi pembentukan senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	36
Gambar 4.7	Spektra FTIR Senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	37
Gambar 4.8	Spektra ¹ H NMR Senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	39
Gambar 4.9	Grafik Metode Variasi Kontinu Kompleks [Co(II)-2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	42
Gambar 4.10	Reaksi Sintesis Kompleks Kobalt(II).....	43
Gambar 4.11	Tampilan Fisik Kompleks Co(II) -2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	43

Gambar 4.12	Tampilan Fisik Kompleks Co(II) -2(4-nitrofenil) - 4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol dengan Foto Mikroskop Olympus.....	44
Gambar 4.13	Panjang Gelombang Maksimum Larutan CoCl ₂ .6H ₂ O dan Kompleks [Co(II)- 2(4- nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol].....	45
Gambar 4.14	Grafik TGA Kompleks Co(II).....	48
Gambar 4.15	Spektra FTIR Kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol dengan Ligan 2(4- nitrofenil) - 4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	50
Gambar 4.16	Grafik Hasil Uji BSLT Kompleks Co(II).....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Sintesis Ligan 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol.....	63
Lampiran B	Sintesis Kompleks [Co(II)- 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- <i>1H</i> -imidazol].....	66
Lampiran C	Analisis Unsur C, H, Dan N.....	68
Lampiran D	Perhitungan Kadar Unsur dan Logam pada Kompleks secara Teoritis	69
Lampiran E	Perhitungan Kadar Ion Logam Dalam Kompleks...	70
Lampiran F	Kurva DTA/TGA Kompleks.....	73
Lampiran G	Spektrum ¹ H NMR.....	74
Lampiran H	Spektra Inframerah.....	76
Lampiran I	Perhitungan Nilai LC_{50} Metode <i>Brine Shrimp Lethality Test</i> (BSLT).....	78

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Senyawa imidazol (**1**) adalah salah satu senyawa yang banyak dimanfaatkan untuk dunia kesehatan. Imidazol (**1**) merupakan senyawa aromatik cincin anggota lima yang terdiri dari tiga atom karbon (C) dan dua atom nitrogen (N). Imidazol (**1**) sering digunakan dalam dunia farmasi sebagai bahan obat-obatan. Seperti pada senyawa Cimetidine (**2**) yang dikembangkan oleh Smith, Kline, dan French dapat digunakan untuk penyakit maag sehingga penderita tidak perlu operasi atau bahkan mengalami kematian karena penyakit maag (Clayden, 2005). Senyawa yang lain yaitu Nitrofurantoin (**3**) merupakan turunan senyawa imidazolin yang memiliki aktivitas anti infeksi saluran urin. Selain itu ada pula Sulconazole nitrat (**4**) yang merupakan anti jamur topikal (Sunarminingsih, 2012).

Studi yang telah dilaporkan, kompleks turunan imidazol memiliki aktivitas anti mikroba karena memiliki resistensi cukup tinggi. Kompleks dengan formula $[Ag_2(2\text{-hidroksimetil-N-alkilimidazol})_4](NO_3)_2$, alkil = benzil, metil, etil, propil, butil, heptil, oktil, dan decil. Hasil dari penelitian tersebut ditunjukkan dengan adanya aktivitas anti mikroba dengan 2 tipe bakteri yaitu *Escheria coli* dan *Bacillus spizizenii* (Kleyi *et al*, 2012). Senyawa turunan imidazol yang lain yaitu turunan imidazol tersubstitusi 4,5-difenil-N-alkil telah dilaporkan oleh Khabnadideh dan kawan – kawan pada tahun 2003. Hubungan antara panjang rantai alkil diselidiki untuk mengetahui aktivitas anti bakteri pada senyawa tersebut. Hasilnya aktivitas anti bakteri paling efektif dimiliki oleh senyawa dengan rantai alkil yang lebih panjang yaitu 1-nonilimidazol begitu juga aktivitas anti jamur paling efektif dimiliki oleh senyawa 1-dodecilimidazol. Adanya kesamaan

struktur dari senyawa 2-hidroksimetil-N-alkil imidazol dan turunan imidazol tersubstitusi 4,5-difenil-N-alkil yaitu terdapat pasangan elektron bebas pada atom N dan rantai alkil, sehingga memiliki aktivitas yang sama yaitu sebagai anti bakteri dan anti mikroba.

Aktivitas anti bakteri pada bakteri *Escheria coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacilus subtilus* ditunjukkan oleh senyawa 1-butil- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil-1*H*- imidazol, namun diperlukan beberapa modifikasi struktur senyawa sehingga diharapkan dapat meningkatkan aktivitas anti bakteri. Oleh karena itu senyawa 1-butil- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*- imidazol dimodifikasi strukturnya dengan menghilangkan gugus butil kemudian dijadikan sebagai ligan pada pembentukan kompleks karena memiliki aktivitas anti bakteri yang cukup baik dan mempunyai kesamaan struktur dengan dua senyawa yang telah dilaporkan sebelumnya (Jain *et al*, 2010).

Pembentukan senyawa kompleks dengan ligan yang digunakan yaitu 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*- imidazol membutuhkan sumber ion logam. Ion logam yang biasa dipakai salah satunya adalah ion logam Co(II). Aktivitas biologis kompleks dengan ion logam Co(II) dengan ligan turunan imidazol telah dilaporkan oleh Sandoval dan kawan-kawan pada tahun 2008. Senyawa tersebut memiliki formula yaitu $[M(\text{alabendazol})\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dengan M= Co(II) dan Zn(II) dilaporkan memiliki aktivitas antikanker, namun, kompleks Co(II) menunjukkan aktivitas anti kanker HeLa yang lebih tinggi dibandingkan dengan kompleks Zn(II). Nilai IC_{50} kompleks Co(II) yaitu 36 $\mu\text{g/mL}$ sedangkan untuk kompleks Zn(II) adalah 100 $\mu\text{g/mL}$. Hal diatas mengindikasikan bahwa ion logam Co(II) yang dikomplekskan dengan ligan turunan imidazol memiliki aktivitas biologis yang lebih baik dibandingkan dengan ion logam lainnya.

Senyawa mercaptobenzimidazol yang dikomplekskan dengan ion logam kobalt dengan formula kompleks

$[\text{Co}(\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{S})_2\text{Cl}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ memiliki aktivitas antibakteri dan antijamur yang lebih baik bila dibandingkan dengan senyawa mercaptobenzimidazol sebelum dikomplekskan. Senyawa kompleks $[\text{Co}(\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{S})_2\text{Cl}_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ yang diujikan pada bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, and *Candida albican* menunjukkan kenaikan aktivitas dibanding ligan bebas yang diujikan pada keempat bakteri (Okoronkwo, *et al.* 2013).

Berdasarkan latar belakang diatas, perlu dilakukan studi pembentukan kompleks dari 1-butil- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol yang dimodifikasi strukturnya menjadi 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol kemudian dikomplekskan dengan ion logam Co(II). Kompleks yang terbentuk diharapkan memiliki resistensi yang cukup baik pada uji aktivitas biologi. Uji aktivitas biologi dapat dilakukan salah satunya dengan uji toksisitas metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) menggunakan larva udang *Artemia salina*. Metode ini menguntungkan karena sederhana, murah, dan dapat dijadikan indikator untuk mendapatkan senyawa antikanker baru (Meyer *et al.* 1982).

1.2 Permasalahan

Senyawa turunan imidazol 1-butil-2(4-tersubstitusi)-4,5-difenil-*1H*-imidazol yang sudah dilaporkan masih memiliki kekurangan yaitu aktivitas anti bakteri yang dihasilkan berada di tingkat menengah (Jain *et al.* 2010). Perlu dilakukan modifikasi pada senyawa tersebut salah satunya dengan memodifikasi struktur menjadi 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol kemudian mengomplekskan senyawa tersebut dengan sumber ion logam Co(II). Ion logam Co(II) dipilih karena memiliki aktivitas antikanker dan antibakteri yang cukup baik (Sandoval *et al.* 2008 dan Okoronkwo, *et al.* 2013). Oleh karena itu penelitian lebih

lanjut mengenai senyawa 1-butyl- 2(4-tersubstitusi)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol yang dimodifikasi strukturnya menjadi 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol kemudian dikomplekskan perlu dilakukan untuk diketahui kemampuan aktivitas biologi senyawa tersebut. Uji aktivitas biologi dilakukan dengan uji toksisitas metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) menggunakan larva udang *Artemia salina*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil-*1H*- imidazol yang kemudian dikomplekskan dengan sumber ion logam $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, mengetahui formula senyawa kompleks yang dihasilkan dan mengetahui aktivitas biologi dari senyawa kompleks tersebut dari uji toksisitas *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) menggunakan larva udang *Artemia salina*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang senyawa kompleks Co(II) dengan ligan 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol beserta informasi aktivitas biologi dari senyawa kompleks tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

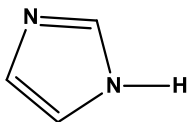
2.1 Senyawa Kompleks

Senyawa kompleks merupakan senyawa yang dihasilkan dari pembentukan ikatan antara atom pusat yang berupa logam atau metaloid dengan satu atau lebih ligan. Atom pusat yang berupa logam berperan sebagai penerima elektron dari elektron yang didonorkan oleh ligan – ligan yang mengelilingi atom pusat tersebut. Ikatan yang terbentuk antara logam dan ligan merupakan ikatan kovalen koordinasi, sehingga senyawa kompleks dapat disebut pula senyawa koordinasi (Lawrance, 2010).

Senyawa kompleks berkaitan pula dengan Asam dan Basa Lewis. Logam dan ligan yang merupakan bagian dari senyawa kompleks memiliki peran tersendiri. Logam berperan sebagai asam lewis karena logam bertugas menyediakan orbital kosong sedangkan ligan berperan sebagai basa lewis yang tugasnya mendonorkan pasangan elektron bebas (Lawrance, 2010). Senyawa kompleks dapat diuraikan menjadi ion kompleks. Ion kompleks merupakan kompleks yang terdiri dari sebuah atom pusat dan ligan dengan muatan positif maupun muatan negatif. Ion pusat memiliki bilangan oksida positif, nol dan negatif sedangkan ligan yang berikatan pada ion pusat bermuatan netral dan negatif (Tuli *et al*, 2000).

2.2 Imidazol

Imidazol (1) adalah senyawa aromatik cincin anggota lima yang terdiri dari tiga atom karbon (C) dan dua atom nitrogen (N). Kedua hetero atom dipisahkan oleh atom C yang ada pada cincin sehingga posisi atom N berada pada posisi 1 dan 3. Gambar 2.1 berikut adalah struktur imidazol.

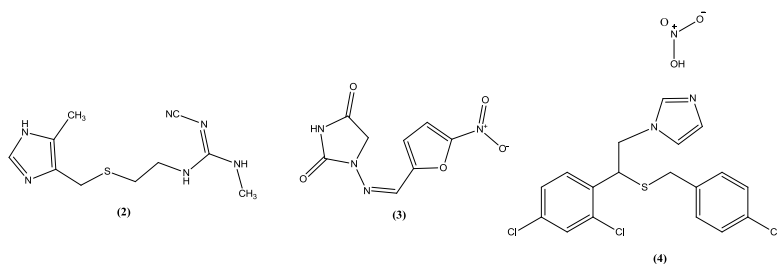


(1)

Gambar 2.1 Struktur Imidazol

Imidazol (**1**) merupakan senyawa yang sifatnya basa lemah dengan pK_{aH} 7,1 karena kedua atom nitrogen melekat pada atom karbon sp^2 yang bersifat penarik elektron. Namun imidazol dengan dua atom nitrogen bersifat lebih basa daripada piridin dengan pK_{aH} 5,2 karena piridin hanya memiliki satu atom nitrogen yang positif untuk menstabilkan muatan (Clayden, 2005).

Imidazol dan piridin merupakan senyawa aromatik dengan 6π elektron terkonjugasi. Imidazol memiliki satu pasangan elektron bebas yang memberikan kontribusi pada 6π elektron cincin aromatik dan satu pasang elektron bebas yang tidak terlibat dalam aromatisitas (Clayden, 2005). Sifat fisik lain dari imidazol yaitu berwujud kristal padat, berwarna kuning pucat, memiliki titik didih 255-256 °C, dan larut dalam air (Nahar, 2007). Imidazol sering digunakan dalam dunia farmasi sebagai bahan obat-obatan. Seperti pada senyawa Cimetidine (**2**) yang dikembangkan oleh Smith, Kline, dan French dapat digunakan untuk penyakit maag sehingga penderita tidak perlu operasi atau bahkan mengalami kematian karena penyakit maag (Clayden, 2005). Senyawa yang lain yaitu Nitrofurantoin (**3**) merupakan turunan senyawa imidazolin yang memiliki aktivitas anti infeksi saluran urin. Selain itu ada pula Sulconazole nitrat (**4**) yang merupakan antijamur topikal (Sunarminingsih, 2012). Gambar 2.2 merupakan struktur dari ketiga senyawa diatas.



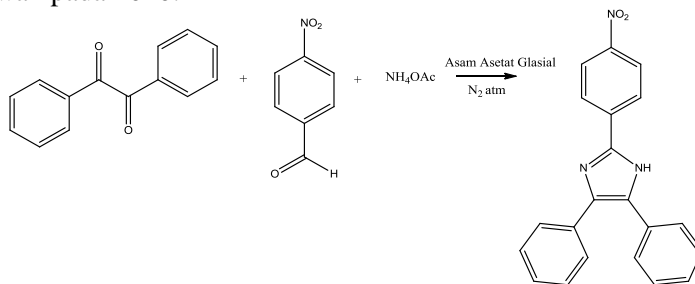
Gambar 2.2 Struktur Senyawa Cimetine (2), Nitrofurantoin (3), dan Sulconazole Nitrat (4)

2.3 Ligan 2(4-Nitrofenil)- 4,5-Difenil- 1*H*- Imidazol

Senyawa turunan imidazol banyak sekali dikembangkan sintesisnya karena sering kali dimanfaatkan untuk bahan dasar obat. Salah satu turunan imidazol yang sedang dikembangkan adalah imidazol tersubstitusi-N. Imidazol tersubstitusi-N merupakan heterosiklik yang bersifat farmakologi penting seperti antiparasit, antijamur, antimikroba, dan aktivitas antidepresan. Penelitian sebelumnya telah dilaporkan bahwa N-alkil imidazol dengan struktur yang paling sederhana memiliki efek penghambatan pada oksidasi mikrosomal sitotoksik dan aktivitas antijamur (Jain *et al*, 2010).

Aktivitas antibakteri pada bakteri *Escheria coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacilus subtilis* ditunjukkan oleh senyawa 1-butyl- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*-imidazol, namun diperlukan beberapa modifikasi struktur senyawa sehingga diharapkan dapat meningkatkan aktivitas anti bakteri. Oleh karena itu senyawa 1-butyl-2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol dimodifikasi strukturnya menjadi 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*-imidazol kemudian dijadikan sebagai ligan pada pembentukan kompleks karena memiliki aktivitas antibakteri yang cukup baik dan mempunyai kesamaan struktur dengan dua senyawa yang telah dilaporkan sebelumnya (Jain *et al*, 2010).

Gambar 2.3 adalah reaksi sintesis pembentukan 2(4-Nitrofenil)-4,5-Difenil-1*H*-Imidazol oleh Jain dan kawan – kawan pada 2010:



Gambar 2.3 Reaksi Pembentukan Senyawa 2(4-Nitrofenil)-4,5-Difenil-1*H*-Imidazol (Jain *et al*, 2010)

2.4 Kompleks Kobalt(II)

Kobalt merupakan logam berwarna abu seperti baja dan bersifat sedikit magnetik. Kobalt meleleh pada suhu $1490\text{ }^{\circ}\text{C}$. Logam ini mudah larut dalam asam – asam mineral encer (Vogel, 1979).

Logam kobalt yang biasa digunakan untuk reaksi dalam bentuk garam. Untuk garam kobalt dengan bentuk geometri oktahedral seperti $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ memiliki warna kristal merah muda. Namun kristal garam kobalt dengan bentuk geometri tetrahedral seperti $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ berwarna biru. Kristal garam kobalt $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ berwarna merah muda (Sugiyarto, 2010).

Logam kobalt dengan berbagai bilangan koordinasi dan geometri dapat dimanfaatkan dalam pengembangan inovasi obat terapi. Contohnya adalah Doxovir yaitu obat yang resistan terhadap virus herpes simplex yang memanfaatkan kompleks basa schiff kobalt (III), protein, dan ligan 2-metilimidazole (Heffern *et al*, 2013).

Aktivitas biologis kompleks dengan ion logam Co(II) dengan ligan turunan imidazol telah dilaporkan oleh Sandoval dan kawan-kawan pada tahun 2008. Senyawa tersebut memiliki formula $[M(\text{albendazol})\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dengan $M = \text{Co(II)}$ dan Zn(II) dilaporkan memiliki aktivitas antikanker, namun kompleks Co(II) menunjukkan aktivitas antikanker HeLa yang lebih tinggi dibandingkan dengan kompleks Zn(II). Nilai IC_{50} kompleks Co(II) yaitu 36 $\mu\text{g/mL}$ sedangkan untuk kompleks Zn(II) adalah 100 $\mu\text{g/mL}$. Hal diatas mengindikasikan bahwa kompleks Co(II) dengan ligan turunan imidazol memiliki aktivitas biologis yang lebih baik dibandingkan dengan ion logam lainnya.

Senyawa mercaptobenzimidazol yang dikomplekskan dengan ion logam kobalt dengan formula kompleks $[\text{Co}(\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{S})_2\text{Cl}_2]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ memiliki aktivitas antibakteri dan antijamur yang lebih baik bila dibandingkan dengan senyawa mercaptobenzimidazol sebelum dikomplekskan. Senyawa kompleks $[\text{Co}(\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{S})_2\text{Cl}_2]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ yang diujikan pada bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, and *Candida albican* menunjukkan kenaikan aktivitas dibanding ligan bebas yang diujikan pada keempat bakteri (Okoronkwo, *et al.* 2013).

2.5 Kompleks Logam dengan Turunan Imidazol

Senyawa imidazol memiliki berbagai macam turunan senyawa yang banyak digunakan untuk dunia kesehatan. Turunan imidazol ini terbukti bersifat sebagai antijamur, antibakteri, antitumor, antiinflammatory dan antikanker. Sifat – sifat inilah yang membuat imidazol dan turunannya banyak diteliti selanjutnya dikembangkan untuk bahan obat – obatan.

Studi yang telah dilaporkan, kompleks dengan turunan imidazol memiliki aktivitas antimikroba karena memiliki resistensi cukup tinggi. Seperti pada kompleks dengan ligan turunan imidazol yang memiliki formula $[\text{Ag}_2(2\text{-hidroksimetil-N-alkil imidazol})_4](\text{NO}_3)_2$, alkil = benzil, metil, etil, propil, butil,

heptil, oktil, dan decil. Hasil dari penelitian tersebut ditunjukkan dengan adanya aktivitas antimikroba dengan 2 tipe bakteri yaitu *Escheria coli* dan *Bacillus spizizenii* (Kleyi *et al*, 2012). Senyawa turunan imidazol yang lain yaitu turunan imidazol tersubstitusi 4,5-difenil-N-alkil telah dilaporkan oleh Khabnadideh dan kawan – kawan pada tahun 2003. Hubungan antara panjang rantai alkil diselidiki untuk mengetahui aktivitas antibakteri pada senyawa tersebut. Hasilnya aktivitas antibakteri paling efektif dimiliki oleh senyawa dengan rantai alkil yang lebih panjang yaitu 1-nonilimidazol begitu juga aktivitas antijamur paling efektif dimiliki oleh senyawa 1-dodecilimidazol. Adanya kesamaan struktur dari senyawa 2-hidroksimetil-N-alkil imidazol dan turunan imidazol tersubstitusi 4,5-difenil-N-alkil yaitu terdapat pasangan elektron bebas pada atom N dan rantai alkil, sehingga memiliki aktivitas yang sama yaitu sebagai antibakteri dan antimikroba. Turunan imidazol lainnya yang belum banyak diteliti adalah 1-butil-2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol. Senyawa ini memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri – bakteri yang diujikan. Diperlukan lagi modifikasi – modifikasi pada struktur senyawa ini untuk meningkatkan aktivitas menjadi 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil- 1*H*- imidazol (Jain *et al*, 2010).

2.6 Analisis Komposisi Senyawa Kompleks

2.6.1 Penentuan Unsur C, H, dan N

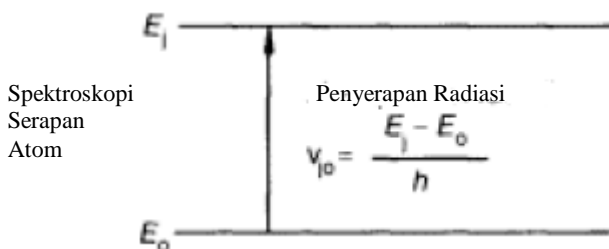
Semua senyawa organik mengandung atom C, H dan sejumlah besar atom N. Kemampuan untuk mengukur elemen – elemen ini secara akurat adalah hal yang sangat penting untuk keperluan karakterisasi dan identifikasi senyawa. Metode analisis unsur C, H, dan N adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui unsur – unsur yang terkandung dalam senyawa. Analisis ini bisa bersifat kualitatif apabila digunakan untuk menentukan unsur – unsur dalam senyawa saja. Selain itu,

analisis ini bisa bersifat kuantitatif apabila digunakan untuk menentukan banyaknya unsur yang terkandung dalam senyawa. Salah satu sarana utama untuk menentukan unsur C, H, dan N adalah teknik *microcombustion*. Teknik pembakaran ini berjalan otomatis dan diikuti oleh pengukuran komponen dalam gas pembakaran (Patnaik, 2004). Selain itu, alat yang digunakan untuk analisis unsur ini harus distandarisasi terlebih dahulu dengan *L-Cistein Standard* ($C_6H_{12}N_2O_4S_2$, C = 29,99%, H = 5,03%, N = 11,66%, S = 26,69% dan O = 26,63%) sebelum digunakan (Martak *et al*, 2009).

2.6.2 Analisis Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog *et al*, 2000).

Serapan atom adalah penyerapan cahaya oleh atom. Sebuah atom memiliki beberapa tingkat energi. Dalam keadaan normal, kebanyakan atom berada pada keadaan dasar (*ground state*) . Pada tingkat energi E_0 (keadaan dasar) dan E_j (keadaan tereksitasi), transisi dari $E_0 \rightarrow E_j$ merupakan penyerapan radiasi seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Spektroskopi Serapan Atom (Ebdon *et al.*, 1998)

Serapan atom terjadi saat cahaya dengan panjang gelombang tertentu diserap oleh elektron pada keadaan dasar, melakukan transisi ke tingkat energi yang lebih tinggi ke keadaan tereksitasi. Intensitas cahaya yang berkurang sebanding dengan jumlah atom yang menyerapnya. Hal ini sesuai dengan Hukum Lambert-Beer yang dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \log (I_0/I) = k_v l \log e$$

A = absorbansi

I_0 = intensitas cahaya yang datang

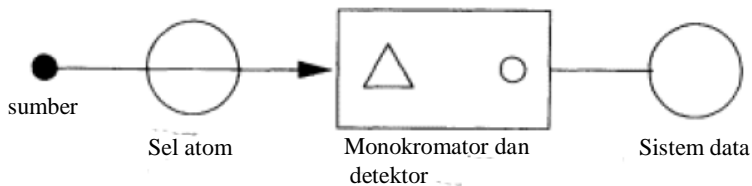
I = intensitas cahaya yang ditransmisikan

k_v = koefisien penyerapan

l = panjang lintasan

Hal ini menunjukkan bahwa k_v dan A , sebanding dengan konsentrasi atom dan plot serapan terhadap konsentrasi atom adalah garis lurus (Ebdon *et al*, 1998).

Alat SSA memiliki dua bagian utama yaitu sel atom yang menghasilkan atom-atom gas bebas dalam keadaan dasarnya dan suatu sistem optik untuk pengukuran sinyal. Gambar 2.5 merupakan skema umum dari alat SSA:

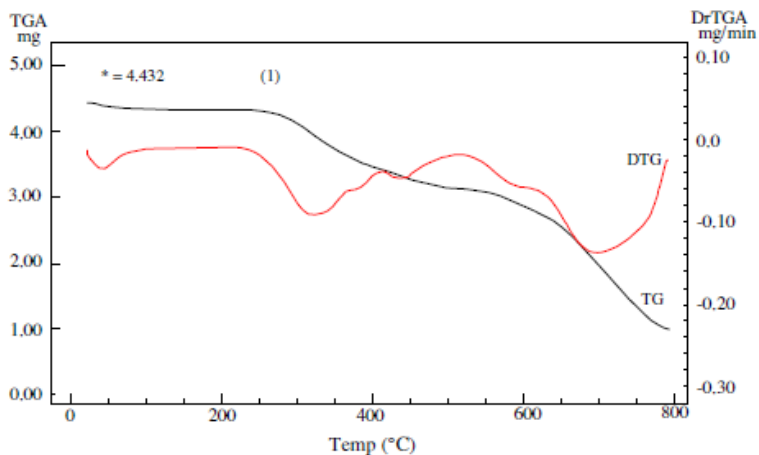


Gambar 2.5 Skema Umum Alat SSA (Ebdon *et al.*, 1998)

2.6.3 Analisis Termogravimetri (TGA)

Termogravimetri merupakan cabang dari analisis termal yang mempelajari perubahan massa sampel sebagai fungsi suhu atau sebagai fungsi waktu. Termogravimetri digunakan untuk mengkarakterisasi dekomposisi dan stabilitas termal bahan dalam berbagai kondisi dan untuk memeriksa kinetika proses fisikokimia yang terjadi dalam sampel. Karakteristik perubahan massa material sangat tergantung pada kondisi eksperimental yang digunakan. Faktor – faktor seperti massa sampel, volume dan bentuk fisik, sifat dan tekanan dari suasana di ruang sampel dan tingkat *scanning* semua memiliki pengaruh penting pada karakteristik kurva termogravimetri yang terekam. Kurva termogravimetri biasanya di plot dengan perubahan massa (Dm) dinyatakan sebagai persentase pada sumbu vertikal dan suhu (T) atau waktu (t) pada sumbu horisontal (Hatakeyama & Quinn, 1999). Analisa ini dilakukan dengan meletakkan sampel pada tempat yang tahan api seperti porselen atau platina dan diletakkan pada *furnace* yang dilengkapi *thermocouple* untuk mengukur suhu. Saat analisis dialiri gas inert untuk mencegah oksidasi atau reaksi lain yang diinginkan dan komputer digunakan untuk mengontrol instrumen (Reutzel, 2004).

Hasil karakterisasi analisis termogravimetri berupa grafik dengan % berat sisa sebagai sumbu Y dan perubahan suhu sebagai sumbu X seperti Gambar 2.6 dan Tabel 2.1 dibawah ini:



Gambar 2.6 Kurva TGA Senyawa Kompleks $[\text{CoLCl}_2] \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$,
L= 2-amino-N-{2-[(2-aminobenzoil) amino] etil}
benzamida

Tabel 2.1 Data Hasil Analisis Termogravimetri Kompleks
 $[\text{CoLCl}_2] \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$

Suhu Dekomposisi (°C)	% Berat Hilang	Spesi yang Hilang
30-100	2,05	$\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$
270-800	79,05	dekomposisi
800	18,9	$\equiv \text{Co}_2\text{O}_3$

(El-Boraey, 2012)

2.7 Karakterisasi

2.7.1 Spektroskopi Inframerah (FTIR)

Spektroskopi inframerah adalah metode yang digunakan untuk menentukan keberadaan gugus fungsi suatu senyawa (Hoffman, 2004). Prinsip dasar dari spektroskopi inframerah ini yaitu suatu senyawa harus memiliki vibrasi dari atom molekulnya. Kemudian senyawa tersebut disinari oleh radiasi sinar inframerah yang selanjutnya sinar tersebut ada yang diserap oleh senyawa dan ada yang diteruskan (Stuart, 2004). Jumlah radiasi yang menembus sampel dengan kisaran frekuensi tertentu dibaca oleh spektrometer inframerah dan direkam berapa persen radiasi yang ditransmisikan. Radiasi yang diserap oleh molekul muncul sebagai pita pada spektrum (Hart *et al*, 2003). Spektrum yang dihasilkan menunjukkan beberapa gugus fungsi yang ada dalam senyawa. Tabel 2.2 menunjukkan nilai frekuensi beberapa gugus fungsi yang penting.

Tabel 2.2 Frekuensi Vibrasi Infra Merah

Jenis Ikatan	Gugus	Kelompok Senyawa	Rentang Frekuensi (cm^{-1})
Ikatan Tunggal	C – C	Alkana	-1200
	C – O	Ester dan eter	1080 – 1300
	C – H	Alkana,	2850 – 3000
	=C – H	alkena,	3030 – 3140
	\equiv C – H	alkuna dan	-3300
	O – H	senyawa aromatik	3500 – 3700 (bebas)
		Alkohol dan fenol	3200 – 3500 (berikatan hidrogen)
		Asam karboksilat	2500 - 3000

Ikatan rangkap dua	N – H	Amina	3200 – 3600
	S – H	Tiol	2550 – 2600
	C = C	Alkena	1600 – 1680
	C = N	Imina dan	1500 – 1650
	C = O	oksim	1700 – 1725
		Keton	1720 – 1740
		Aldehida	1700 – 1725
		Asam	1735 – 1750
		Ester	
		Alkuna	2100 – 2260
Ikatan rangkap tiga	C \equiv C	Nitril	2200 – 2400
	C \equiv N		
		Overtone	2000 – 1700
Piridin Aromatik		Out of plane	900 – 690
	C=N,	Piridin	1615 – 1565
	C=C NO ₂	Aromatik tersubstitusi nitro	1540 - 1500

Spektra inframerah selain senyawa organik juga memiliki daerah spektra yang khas. Salah satu contoh yaitu spektra senyawa kompleks. Ikatan antara logam dan ligan pada senyawa kompleks memiliki spektra yang berbeda- beda. Tabel 2.3 menunjukkan beberapa serapan senyawa kompleks.

Tabel 2.3 Ikatan antara Logam dan Ligan pada Senyawa Kompleks

No	Senyawa	Bilangan gelombang (cm^{-1})
1.	$[\text{CoLCl}_2]1/2\text{H}_2\text{O}$	(Co-N): 480
2.	$[\text{PdLCl}_2]$	(Pd-N): 420
3.	$[\text{NiLCl} \cdot \text{H}_2\text{O}] \cdot \text{Cl} \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$	430
4.	$[\text{CuL}_2\text{Br}]$	(Cu-N): 428

(El-Boraey 2012)

2.7.2 Spektroskopi Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

Spektroskopi resonansi magnetik inti (*Nuclear Magnetic Resonance*), NMR berperan dalam penetapan struktur organik. Spektroskopi NMR bekerja berdasarkan penyerapan gelombang radio oleh inti tertentu molekul organik yang berada dalam lingkungan magnet sangat kuat dan homogen. Spektroskopi NMR memberikan gambaran perbedaan sifat magnet berbagai inti yang ada dalam molekul (Supratman, 2010).

Spektroskopi NMR dapat dilakukan pada inti yang memiliki momen magnet seperti ^1H dan ^{13}C (Pine *et al.*, 1988). Hasil pengukuran spektroskopi NMR berupa spektrum ^1H -NMR yang memberikan informasi mengenai jumlah setiap jenis proton yang ada dalam suatu molekul dan sifat lingkungan dari setiap jenis proton tersebut. Spektrum ^{13}C -NMR memberikan informasi mengenai jumlah karbon yang terdapat dalam molekul dengan semua pergeseran kimianya sehingga dapat diketahui sifat lingkungannya (Hart *et al.*, 2003).

Pengukuran dengan spektrometer NMR umumnya menggunakan senyawa standar sebagai pembanding terhadap senyawa yang diidentifikasi. Senyawa yang sering digunakan

sebagai standar internal adalah tetrametilsilan (TMS) karena proton pada senyawa ini sangat terlindungi dibanding senyawa organik lain pada umumnya. Sinyal hasil analisis sampel biasanya muncul pada daerah yang lebih rendah daripada TMS. Semakin besar elektronegatifitas suatu gugus yang berdekatan, maka efek perlindungan elektron semakin besar sehingga semakin jauh pergeseran sinyal dari standar TMS (Bresnick, 2004). Nilai pergeseran kimia tergantung pada lingkungan kimia suatu proton, sedangkan lingkungan kimia dari suatu proton tergantung pada besar kecilnya efek perlindungan oleh elektron-elektron di lingkungan proton tersebut (Khopkar, 1990). Pergeseran kimia yang dialami inti ^1H NMR terjadi pada rentang 0-10 ppm terhadap TMS, sedangkan pergeseran kimia yang dialami inti ^{13}C NMR terjadi pada rentang 0-200 ppm terhadap TMS sehingga spektrum ^{13}C -NMR muncul lebih sederhana daripada spektrum ^1H -NMR. Nilai pergeseran kimia pada ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan 2.5 (Supratman, 2010).

Tabel 2.4 Nilai pergeseran kimia pada ^1H -NMR

TMS	0	RC=CH	2,3 – 2,9
R-CH ₃	0,8 – 1,2	R-CO-CH ₃	2,0 – 2,7
R ₂ -CH ₂	1,2 – 1,4	R-O-CH ₃	3,3 – 3,9
R ₃ -CH	1,4 – 1,65	R ₂ C-CHR	4,9 – 5,9
Ph-CH ₃	2,2 – 2,5	C ₆ H ₆	6,0 – 8,0
R-CH ₂ -I	3,1 – 3,3	RCHO	9,4 – 10,4
R-CH ₂ -Br	3,4 – 3,6	R-COOH	10 – 12
R-CH ₂ -Cl	3,6 – 3,8	R-OH	1 – 6
R-CH ₂ -F	4,3 – 4,4	Ar-OH	6 – 8
R-CHCl ₂	5,8 – 5,9	R ₂ NH	2 - 4

Tabel 2.5 Nilai pergeseran kimia pada ^{13}C -NMR

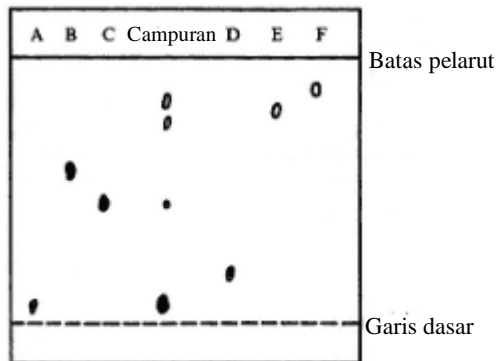
TMS	0	$\text{C} \equiv \text{C}$	75 – 95
R-CH ₃	0 – 30	$\text{C} = \text{C}$	105 – 145
R ₂ -CH ₂	20 – 45	C	110 – 155
R ₃ -CH	30 – 60	(aromatik)	
R ₄ -C	30 – 50	C	105 - 165
O-CH ₃	50 – 60	(heteroaromatik)	
N-CH ₃	15 - 45	$\text{C} \equiv \text{N}$	115 – 125
		$\text{C} = \text{O}$	155 – 185
		(karboksilat)	
		$\text{C} = \text{O}$	185 – 225
		(aldehida / keton)	

Pemisahan spin-spin merupakan interaksi spin suatu proton dengan spin proton lainnya yang terikat pada atom tetangga (Khopkar, 1990). Pola pemisahan spin-spin mengikuti aturan $n+1$, dimana n adalah banyaknya proton tetangga yang memiliki konstanta kopling sama. Aturan $n+1$ ini dapat memberikan informasi struktur molekul (Hart *et al.*, 2003). Pola pemisahan singlet bila suatu proton tidak memiliki proton tetangga, doublet terjadi bila sebuah proton memiliki satu proton tetangga yang tidak ekuivalen, sebuah proton dengan dua proton tetangga yang ekuivalen satu sama lain tetapi tidak ekuivalen dengan proton tersebut akan memisah menjadi triplet dan seterusnya (Fessenden & Fessenden, 1986). Spektrum ^{13}C -NMR yang terdekopling-proton atau spektrum tanpa pemisahan ^1H menunjukkan satu singlet untuk setiap jenis atom karbon (Hart *et al.*, 2003).

2.7.3 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Kromatografi lapis tipis atau KLT merupakan metode sederhana dan efektif untuk memisahkan komponen dalam suatu

campuran (Cazes, 2004). Pada kromatografi lapis tipis, fase diam biasanya padatan bersifat polar seperti silika gel atau alumina yang dilapisi selembur kaca, plastik atau aluminium. Sampel yang akan dipisahkan komponennya diletakkan dekat salah satu ujung dari plat kromatografi lapis tipis menggunakan pipa kapiler. Kemudian ujung plat KLT yang sudah ditetesi sampel dicelupkan kedalam *chamber* yang sudah berisi pelarut. Nantinya pelarut tersebut akan membawa sampel bergerak naik menuju ujung plat KLT yang berlawanan sampai tanda batas yang ditentukan. Selanjutnya, komponen dari sampel yang sudah terpisah dapat diamati dari warna yang tampak di permukaan plat. Apabila komponen ada yang tidak berwarna dapat diberikan perlakuan dengan menambahkan reagen kromogenik atau bisa terdeteksi warnanya dengan fluoresensi di bawah lampu UV. Gambar 2.7 merupakan contoh plat KLT.



Gambar 2.7 Kromatogram Lapis Tipis

Kegunaan metode kromatografi lapis tipis sangat luas, terutama untuk analisis kualitatif bahan organik dan anorganik. KLT sangat berguna untuk pemeriksaan kemurnian suatu senyawa, untuk memantau jalannya reaksi dan untuk mengkarakterisasi material kompleks (Kealey, 2000).

2.7.4 Spektroskopi UV – Vis

Spektroskopi UV-Vis memiliki prinsip dasar yaitu penyerapan radiasi elektromagnetik pada daerah spektrum ultraviolet dan visibel yang mengakibatkan perubahan struktur elektronik dari ion dan molekul (Kealey, 2000). Spektrum daerah ultraviolet adalah dari 200–400 nm dan untuk daerah visibel adalah dari 400–800 nm (Settle, 1997). Alat spektrofotometer UV-Vis terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer berguna untuk menghasilkan sinar dari panjang gelombang senyawa dan fotometer berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diserap. Sampel yang digunakan untuk uji spektroskopi UV-Vis berupa larutan. Dalam analisis pelarut yang digunakan untuk melarutkan senyawa uji memiliki beberapa syarat yaitu:

- a. Pelarut tidak berwarna
 - b. Kemurnian pelarut dan sampel harus tinggi
 - c. Pelarut tidak bereaksi dengan sampel yang diuji
 - d. Pelarut tidak mengandung sistem konjugasi
- (Khopkar, 1990)

Spektroskopi UV-Vis banyak digunakan untuk analisis kuantitatif. Sebagai data tambahan untuk spektrometri yang lain dalam identifikasi dan analisis struktur senyawa organik. Selain itu spektroskopi UV-Vis juga dapat digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum dari senyawa kompleks. Indikator bahwa senyawa kompleks terbentuk yaitu apabila didapatkan panjang gelombang dan absorbansi maksimum yang berbeda-beda antara sumber logam, ligan serta senyawa kompleks (Alwathoni, 2011).

2.7.5 Uji Toksisitas *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT)

Toksisitas adalah kemampuan yang dimiliki oleh suatu senyawa yang dapat menimbulkan kerusakan pada bagian yang peka di dalam maupun di dalam tubuh. Suatu senyawa dapat dikatakan racun apabila dapat menyebabkan kerusakan. Efek rusak yang ditimbulkan tergantung kadar racun yang ada pada suatu senyawa. Untuk itu perlu dilakukan uji toksisitas pada suatu senyawa agar dapat diketahui kadar toksiknya (Ramdhini, 2010). Uji toksisitas untuk suatu senyawa terbagi menjadi dua jenis, yaitu toksisitas umum (akut, subakut/subkronis, kronis) dan toksisitas khusus (teratogenik, mutagenik, dan karsinogenik) (Amira, 2008).

Uji toksisitas yang sering digunakan adalah metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). BSLT merupakan salah satu metode *screening* yang dilakukan untuk mengetahui ketoksikan suatu senyawa bahan alam (Sukardiman, 2004). Uji BSLT sering digunakan untuk proses pencarian senyawa bioaktif hayati dikarenakan terdapat korelasi positif antara sitotoksik dengan uji BSLT.

Prinsip dari uji BSLT adalah dengan mengetahui jumlah kematian larva *Artemia salina* karena pengaruh ekstrak atau senyawa yang diberikan pada larva tersebut (McLaughlin, 1991). Uji ini dilakukan dengan menentukan besarnya nilai LC_{50} suatu senyawa. Nilai LC_{50} adalah nilai dari besarnya konsentrasi suatu senyawa yang dapat menyebabkan kematian sebanyak 50% pada hewan uji selama 24 jam (Dwiatmaka, 2001). Apabila nilai LC_{50} suatu senyawa yang diuji kurang dari 1000 $\mu\text{g/mL}$, dianggap menunjukkan adanya aktivitas biologis. Sehingga pengujian ini dapat dijadikan sebagai *screening* awal terhadap senyawa bioaktif yang diduga berkhasiat sebagai antikanker (Iskamto *et al.*, 2003).

Larutan stok untuk uji dibuat dengan melarutkan sampel sebanyak 50 mg dalam 5 mL pelarut yang sesuai sehingga didapatkan konsentrasi larutan stok sebesar 10 mg/mL. Selanjutnya variasi konsentrasi yang lain dibuat dengan mengambil beberapa mL larutan stok sesuai dengan konsentrasi yang ditentukan. Semua larutan kemudian dimasukkan kedalam flakon yang berbeda-beda. Dibuat pula larutan kontrol dengan memasukkan pelarut tanpa sampel kedalam flakon. Flakon-flakon yang sudah berisi sampel uji yang sebelumnya sudah diangin-anginkan agar tidak mengandung pelarut, ditambah dengan 5 ml air laut. Larva *Artemia salina* dimasukkan sebanyak 10 ekor, kemudian didiamkan 24 jam dan diamati jumlah larva *Artemia salina* yang mati. Persen kematian larva setelah 24 jam perlakuan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{kematian larva} = \frac{\sum \text{larva yang mati}}{\sum \text{larva uji}} \times 100\%$$

Dengan mengetahui kematian larva *Artemia salina*, kemudian dicari angka probit melalui tabel dan dibuat persamaan garis sebagai berikut

$$Y = Bx + A$$

(Y adalah log konsentrasi dan x angka probit)

Jika pada kontrol terdapat larva yang mati, maka %kematian ditentukan dengan rumus Abbot pada persamaan:

$$\% \text{Kematian larva} = \frac{\sum \text{larva yang mati} - \sum \text{larva yang mati pada kontrol}}{\sum \text{larva yang digunakan}} \times 100\%$$

(Ramdhini, 2010)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, peralatan gelas, plat KLT, kertas saring, vakum, oven. Digunakan pula alat instrumen spektroskopi Infra Merah SHIMADZU FTIR 8400S di Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia ITS dan NMR Jeol 500 di *Institute of Tropical Disease* (ITD) untuk analisis ligan. Spektrofotometer serapan atom (SSA) ZEE nit 700 di Jurusan Kimia Universitas Negeri Malang, flash 2000 *elemental organic compounds* CHN di Universiti Teknologi MARA Malaysia, foto mikroskop *Olympus* cx2 di Laboratorium Ekologi Jurusan Biologi ITS, spektrofotometer UV-Vis *Genesys* 10S di Laboratorium Fundamental Jurusan Kimia ITS, dan analisis termal TGA STAR SW 10.00 di Laboratorium Energi ITS digunakan untuk analisis kompleks kobalt. Untuk uji toksisitas digunakan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT).

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain benzil ($C_{14}H_{10}O_2$) (Sigma Aldrich), ammonium asetat (NH_4OAc), asam asetat glasial (CH_3COOH), gas nitrogen (N_2), 4-nitro benzaldehyd ($C_7H_5NO_3$) (Merck), etil asetat ($C_4H_8O_2$), *n*-heksana (C_6H_{14}), kalium karbonat (K_2CO_3), butil iodida (C_4H_9I), dimetilformamida (DMF), etanol (C_2H_6O), aquades, dan kobalt klorida heksahidrat ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$).

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Sintesis 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol

Benzil sebanyak 10 mmol dan amonium asetat sebanyak 0,1 mol dicampur dalam asam asetat glasial 25 ml, direfluks pada suhu 80-100 °C selama 1 jam dengan penambahan gas nitrogen selama proses refluks. 4-nitrobenzaldehyd sebanyak 10 mmol dalam asam asetat glasial 5 ml ditambahkan sedikit demi sedikit selama 15-20 menit pada suhu yang sama kemudian direfluks selama 4 jam. Reaksi dipantau dengan uji KLT menggunakan etil asetat:*n*-heksana 1:3 sebagai eluen. Setelah reaksi selesai, campuran dikondisikan pada suhu kamar. Kemudian campuran reaksi homogen dituangkan ke atas es yang telah dihancurkan sebanyak 200 g. Selanjutnya endapan kuning yang dihasilkan difiltrasi dan dicuci dengan air dingin kemudian dikeringkan dengan vakum. Produk yang dihasilkan selanjutnya direkristalisasi tiga kali dengan etil asetat agar didapatkan produk dengan kemurnian tinggi.

3.2.2 Penentuan Perbandingan Logam dan Ligan dalam Senyawa Kompleks Co(II) dengan Ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol

Rumus stoikiometri senyawa kompleks ditentukan dengan menggunakan metode variasi kontinu. Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,01M dan larutan ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol 0,01M disiapkan dan dimasukkan kedalam 11 botol vial dengan perbandingan volume logam dan ligan yaitu 10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9, dan 0:10. Kemudian larutan – larutan tersebut diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum senyawa kompleks yang diketahui sebelumnya. Kemudian dibuat kurva dan garis singgung antara fraksi mol terhadap absorbansi sehingga diperoleh rumus senyawa kompleks.

3.2.3 Sintesis Kompleks Logam Co(II) dengan Ligan 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*-imidazol

Senyawa kompleks Co(II) dengan ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil- 1*H*-imidazol disintesis menggunakan alat refluks. Logam $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ diambil sebanyak 0,0592 gram (1 mmol) lalu ditambahkan ligan sebanyak 0,1985 gram (2 mmol) kemudian dimasukkan kedalam labu refluks 100 mL. Perbandingan logam dan ligan yang digunakan sesuai dengan hasil dari metode variasi kontinu yang telah dilakukan sebelumnya yaitu dengan perbandingan ligan:logam = 2:1. Etanol sebanyak 25 mL ditambahkan kedalam campuran kemudian direfluks sambil distirer selama 24 jam pada suhu 60-80 °C. Setelah reaksi selesai, campuran didiamkan pada suhu ruang sampai terbentuk kristal atau endapan kemudian endapan yang didapat disaring dan selanjutnya dikeringkan dalam desikator.

3.2.4 Karakterisasi Senyawa Kompleks

3.2.4.1 Analisis Mikro Unsur C, H, dan N

Alat analisis mikrounsur CHNS distandarisasi terlebih dahulu sebelum digunakan dengan *L-Cistein Standard* ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}_2$, C= 29,99%, H= 5,03%, N= 11,66%, S= 26,69% dan O=26,63%). Kompleks sebanyak 10 mg ditempatkan pada aluminium foil dan dimasukkan dalam pelat berlubang untuk dilakukan pembakaran dengan gas oksigen. Alat mikrounsur selanjutnya dijalankan dan komposisi unsur C, H, N, S yang terkandung pada senyawa dapat diidentifikasi.

3.2.4.2 Spektroskopi Serapan Atom

Analisis ini dibagi menjadi dua tahap yaitu persiapan larutan standar dan persiapan larutan sampel. Analisis dilaksanakan untuk mengetahui kadar kobalt pada senyawa kompleks yang telah disintesis. Analisis SSA menggunakan

larutan standar $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan 7 titik, yakni 0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, dan 10 ppm. Larutan standar ion logam kobalt dibuat dengan melarutkan 0,0422 gram $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan ditambah 2 mL HCl pekat dalam aquademin pada labu ukur 100 mL. Penambahan aquademin sampai tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi larutan 100 ppm. Selanjutnya dibuat larutan standar kobalt dengan konsentrasi 1, 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm dengan cara mengambil 0,5; 1; 2; 3; 4; dan 5 mL dari larutan standar 100 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL kemudian diencerkan dengan aquademin yang telah ditambah dengan 1 mL HCl pekat sampai tanda batas.

Larutan cuplikan 100 ppm disiapkan dengan menimbang 0,0052 gram cuplikan. Cuplikan selanjutnya ditambah dengan 3 mL HNO_3 pekat dan dilarutkan dalam aqua aquademin hingga tanda batas labu ukur 10 mL. Larutan induk kemudian diambil 0,2 mL dan diencerkan dengan aquademin hingga 10 mL dan larutan siap untuk diuji SSA.

3.2.4.3 Analisis Termogravimetri (TGA)

Analisis TGA dilakukan pada keadaan inert dibawah gas N_2 dengan suhu 20-600°C dengan rentang kenaikan suhu sebesar 10°C per menit. Suatu sample yang akan diuji, ditempatkan pada wadah alumina tinggi yang disupportkan atau disuspensi dari timbangan analitik yang berada diluar *furnace*. Timbangan dalam keadaan nol dan wadah sampel dipanaskan menurut siklus panas yang telah ditentukan. Timbangan mengirimkan sinyal berat pada komputer sebagai penyimpanan, berupa suhu sampel dan waktu. Kurva dapat diplotkan dengan sumbu Y sebagai berat dan temperature material referensi pada sumbu X.

3.2.4.4 Analisis Spektroskopi Inframerah

Karakterisasi kompleks hasil sintesis dengan spektroskopi inframerah bertujuan untuk mengamati gugus fungsi pada

spektrum inframerah. Spektroskopi infra merah yang digunakan ialah spektrofotometer SHIMADZU FTIR 8400S. Pengukuran dilakukan dengan pembuatan pelet, 10 mg cuplikan dicampur dengan 100 mg KBr, kemudian dimasukkan ke dalam press holder, ditekan beberapa saat hingga ketebalan 0,05 mm. Pelet tersebut selanjutnya diukur spektranya pada bilangan gelombang $4000\text{--}375\text{ cm}^{-1}$.

3.2.5.5 Uji Toksisitas *Brine Shrimp Lethality* (BSL)

Uji toksisitas dilakukan untuk menentukan nilai LC_{50} (*Lethal Concentration* 50%, konsentrasi yang menyebabkan kematian 50% pada hewan uji) dari kompleks hasil sintesis. Larutan uji yang dibuat dengan konsentrasi 62,5 ppm, 125 ppm, 250 ppm, 500 ppm dan 1000 ppm yang selanjutnya diambil masing-masing sebanyak 150 μL dan dimasukkan ke dalam flakon–flakon berbeda yang sudah berisi dengan 10-11 ekor anak udang. kemudian dидiamkan selama 24 jam dan dihitung jumlah anak udang yang mati secara visual. Pengujian dilakukan tiga kali untuk masing-masing konsentrasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

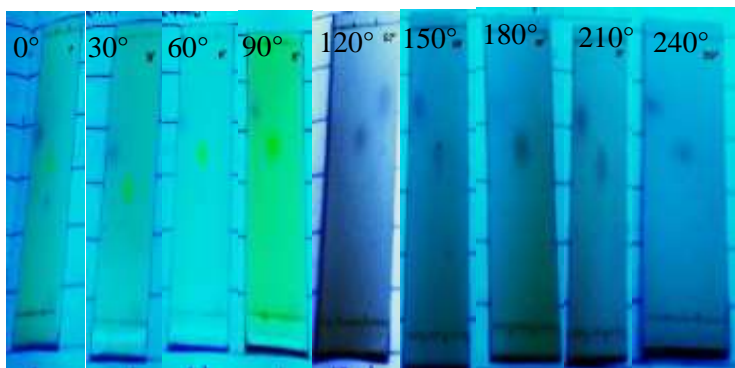
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kompleks kobalt(II) dengan ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol didapatkan dengan mensintesis ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol terlebih dahulu. Selanjutnya senyawa yang didapatkan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR dan ^1H NMR untuk analisis ligan. Kemudian ligan dikomplekskan dengan sumber ion logam $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Kompleks yang didapat dikarakterisasi dengan instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA), *elemental analyzer*, foto mikroskop Olympus, spektrofotometer UV-Vis, dan TGA/DTA. Sementara untuk uji toksisitas dilakukan dengan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT).

4.1 Sintesis Ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol

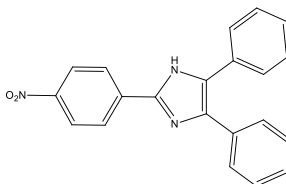
Sintesis 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol secara umum mengadaptasi prosedur sintesis yang sebelumnya telah dilaporkan oleh Jain dan kawan-kawan pada tahun 2010. Sintesis diawali dengan mereaksikan benzil (2,1025 gram; 10 mmol) dan ammonium asetat (7,7082 gram; 0,1 mol) dicampur kedalam 25 ml asam asetat glasial. Ammonium asetat berfungsi sebagai sumber nitrogen untuk pembentukan struktur dasar imidazol. Pelarut asam asetat glasial digunakan karena dapat melarutkan dengan sempurna. Campuran direfluks pada suhu 80-100 °C selama 1 jam dan diberi penambahan gas nitrogen selama proses refluks berlangsung. Pemanasan dilakukan agar mempercepat proses tumbukan antar molekul sehingga reaksi dapat berjalan lebih cepat. Penambahan gas nitrogen berfungsi agar reaksi yang terjadi tidak terkontaminasi dengan udara luar. 4-nitrobenzaldehyd (1,5109 gram; 10 mmol) dalam 5 ml asam asetat glasial ditambahkan kedalam campuran reaksi sedikit demi sedikit

selama 15-20 menit lalu direfluks selama 4 jam. 4-nitrobenzaldehyd merupakan sumber gugus 4-nitrofenil dan diikat oleh imidazol yang juga mengikat dua gugus fenil dari benzil. Reaksi dipantau dengan uji kromatografi lapis tipis menggunakan etil asetat:*n*-heksana (1:3) sebagai eluen. Gambar 4.1 adalah hasil uji kromatografi lapis tipis dari campuran reaksi:



Gambar 4.1 Hasil Uji Kromatografi Lapis Tipis Campuran Reaksi

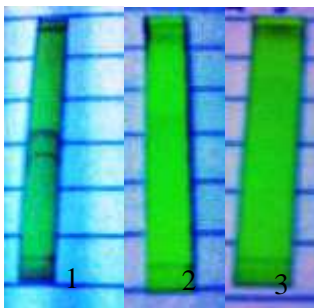
Setelah reaksi selesai, campuran reaksi dikondisikan pada suhu kamar. Kemudian dituang ke atas es yang telah dihancurkan sebanyak 200 gram. Campuran dituang ke atas es agar terbentuk endapan. Selanjutnya endapan kuning yang dihasilkan difiltrasi dan dicuci dengan air dingin kemudian dikeringkan dengan vakum. Produk yang dihasilkan selanjutnya direkristalisasi dengan etil asetat hingga murni. Senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol yang sudah di rekristalisasi selanjutnya dikeringkan kemudian ditimbang. Lalu dihitung rendemen yang didapatkan. Rendemen yang didapatkan sebesar 77,22%. Gambar 4.2 adalah struktur dari senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol:



(5)

Gambar 4.2 Struktur Senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol

Selanjutnya senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol diuji titik leleh dan didapatkan titik lelehnya sebesar 149 °C dan diuji kemurnian dengan kromatografi lapis tipis menggunakan uji 3 eluen dan kromatografi lapis tipis 2D seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



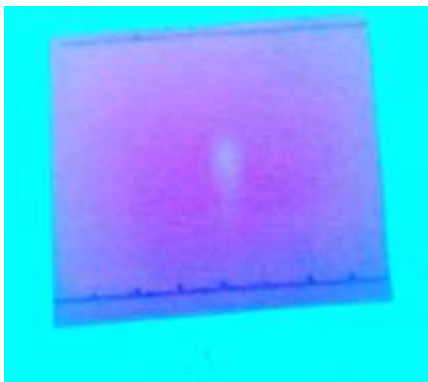
Gambar 4.3 Hasil Uji KLT 3 eluen

Keterangan:

KLT 1 = (*n*-heksana : metilen klorida = 3 : 2)

KLT 2 = (*n*-heksana : etil asetat = 3 : 1)

KLT 3 = (metilen klorida : etil asetat = 4 : 1)



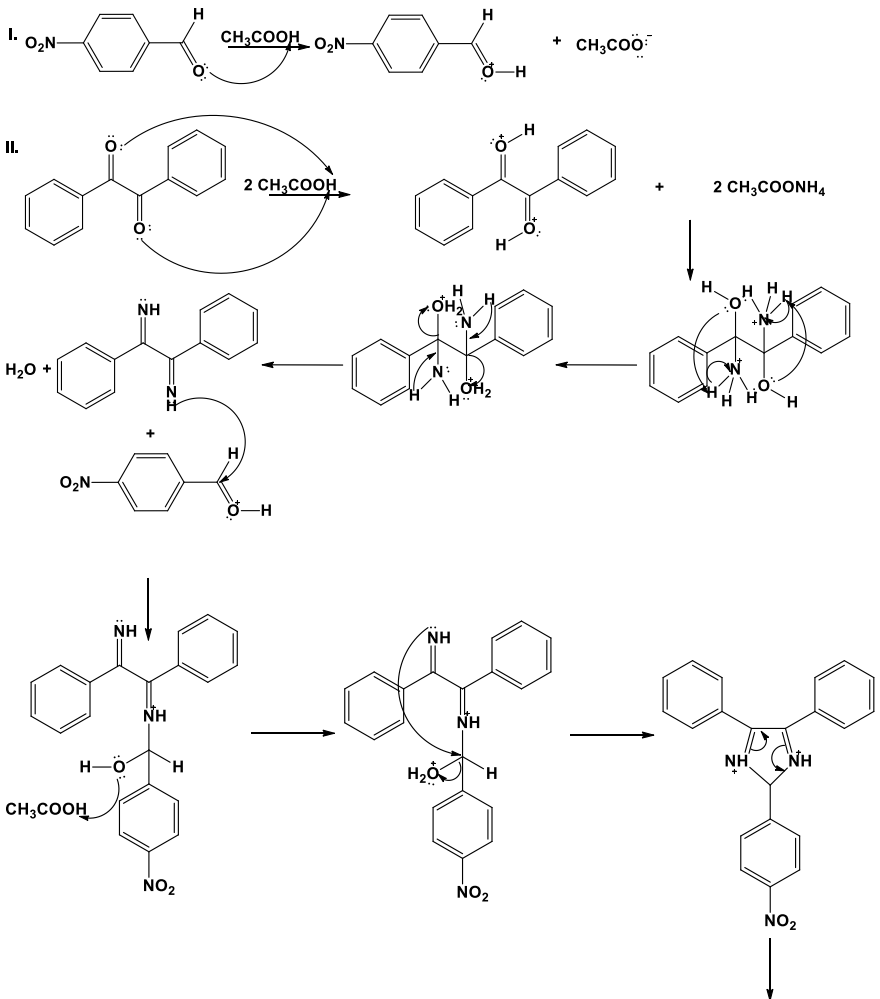
Gambar 4.4 Hasil KLT 2 Dimensi

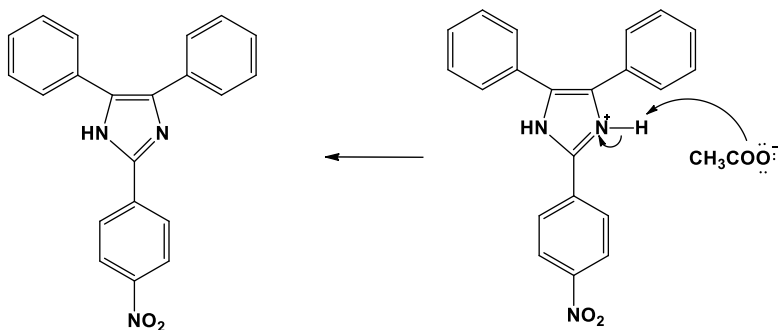
Tampilan fisik dari ligan 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol yang berhasil disintesis dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Tampilan Fisik Ligan 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil-*1H*-imidazol

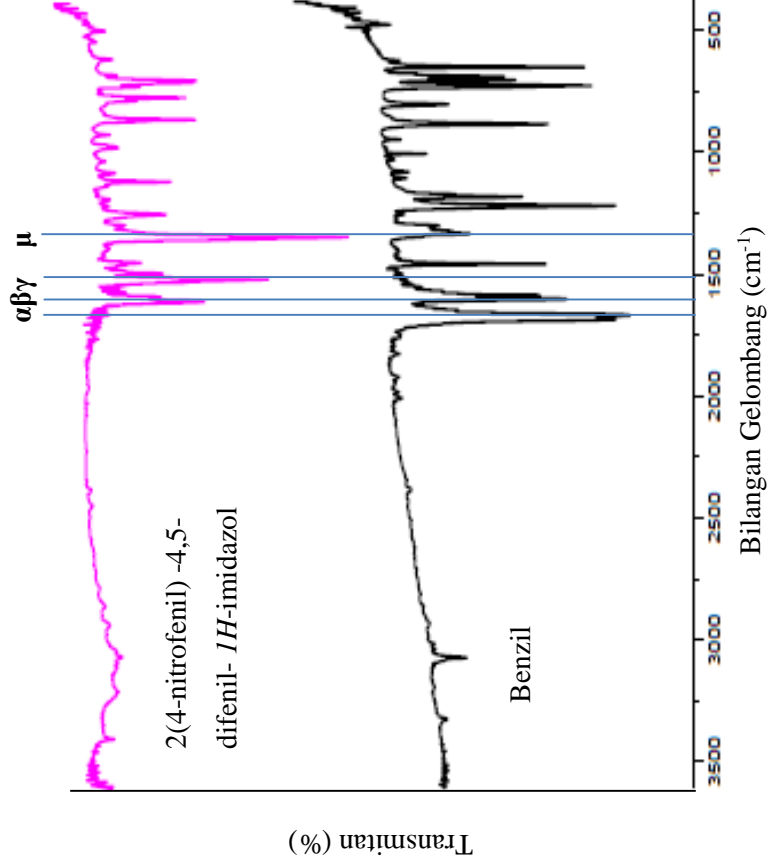
Mekanisme reaksi pembentukan senyawa 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol ditunjukkan pada Gambar 4.6.





Gambar 4.6 Usulan Mekanisme reaksi pembentukan senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol

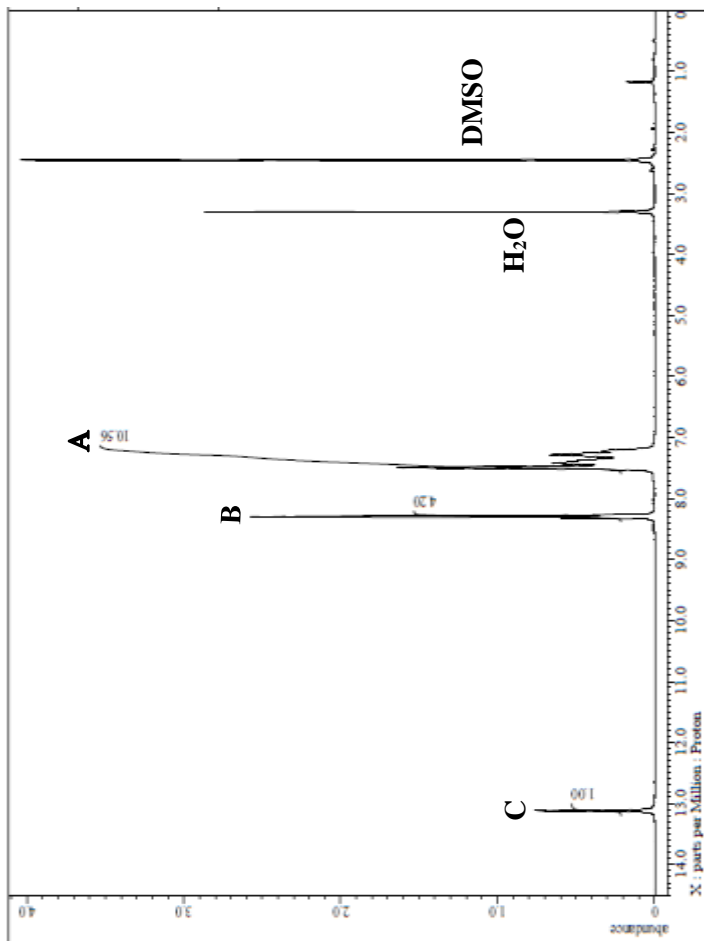
Senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR. Spektra FTIR dari senyawa tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Spektre FTIR Senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol dan Benzil

Spektra diatas menunjukkan bahwa ligan 2(4-nitrofenil) - 4,5-difenil- *1H*-imidazol telah terbentuk dengan adanya perbedaan antar puncak dari senyawa benzil sebagai prekursor dan ligan 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol sebagai senyawa target. Perbedaan yang nyata terlihat yaitu hilangnya puncak tajam disekitar daerah 1700 cm^{-1} (α) yang merupakan serapan khas gugus fungsi C=O. Diperkuat dengan adanya ikatan C=C imidazol pada daerah sekitar 1610 cm^{-1} (β), adanya ikatan C=N imidazol pada daerah sekitar 1578 cm^{-1} (γ), gugus nitro ditunjukkan dengan munculnya puncak pada serapan 1334 cm^{-1} (μ) serta out of plane pada serapan $763,76 - 854,41\text{ cm}^{-1}$. Hasil analisis FTIR dari senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol tidak berbeda jauh dengan penelitian sebelumnya yang muncul puncak – puncak khas pada bilangan gelombang 1674, 1348 dan 758 cm^{-1} (Jain *et al.*, 2010).

Selain dari hasil spektra IR, terbentuknya senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol diperkuat dengan hasil karakterisasi dengan ^1H NMR. Gambar 4.8 adalah hasil spektrum ^1H NMR senyawa tersebut.



Gambar 4.8 Spektra ^1H NMR Senyawa 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1H-imidazol

Spektra ^1H NMR diatas menunjukkan bahwa senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol telah berhasil disintesis. Tabel 4.1 menunjukkan pergeseran proton dari senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol hasil sintesis. Data lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pergeseran Proton Senyawa senyawa 2(4-nitrofenil) - 4,5-difenil- *1H*-imidazol

Proton	δ_{H} (ppm)	δ_{H} (ppm) (Jain <i>et al.</i> , 2010)
A	7,226 – 8,293 (m, 10H, Ar H)	7,22 – 7,74 (m, 12H, Ar H)
B	8,298 – 8,449 (m, 4H, Ar H)	8,12 (d, 2H, Ar H)
C	13,121 (s, 1H, NH)	12,9 (s, 1H, NH)

Berdasarkan data yang dapat dilihat diatas, terdapat 15 sinyal pergeseran proton dari senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol. Pada pergeseran 7,226 – 8,293 terdapat 10 proton dari dua fenil yang mengikat imidazol. Proton B terletak pada pergeseran 8,298 – 8,449 terdiri dari empat proton aromatik. Letaknya lebih *downfield* dibandingkan dengan proton A karena proton aromatik ini berada pada lingkungan nitro yang merupakan substituen dari fenil. Sedangkan pergeseran kimia 13,121 merupakan proton milik N-H yang letaknya jauh lebih *downfield* dibandingkan proton A dan B. Hasil ^1H NMR dari sintesis senyawa 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol tidak berbeda jauh dengan yang telah dilaporkan oleh Jain dan kawan – kawan pada tahun 2010.

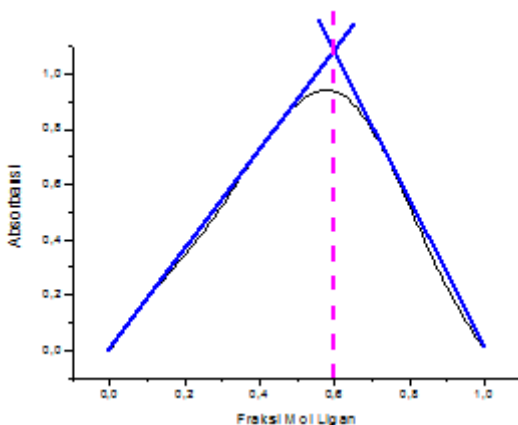
4.2 Sintesis Kompleks Kobalt(II) dengan Ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-1*H*-imidazol

4.2.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan agar dapat mengetahui panjang gelombang maksimum kompleks. Penentuan ini dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan diukur pada rentang panjang gelombang 200-800 nm. Logam $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dicampur dengan ligan 2(4-nitrofenil) - 4,5-difenil- 1*H*-imidazol menggunakan pelarut etanol dengan perbandingan mol 1:1, 1:2, dan 1:3. Masing-masing perbandingan mol diukur panjang gelombang maksimumnya. Hasil panjang gelombang maksimum yang didapat nantinya akan digunakan sebagai pedoman untuk menentukan perbandingan logam dan ligan saat sintesis kompleks. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum dimiliki pada perbandingan ion logam dan ligan 1:2 sebesar 386 nm.

4.2.2 Metode Variasi Kontinu

Metode variasi kontinu dapat menunjukkan kondisi optimum pembentukan dan konstanta kestabilan antara konsentrasi ion logam dan ligan pada senyawa kompleks (Ewing, 1985). Pada penelitian ini digunakan logam $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,01M dan ligan 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- 1*H*-imidazol 0,01M yang selanjutnya dibuat dengan beberapa variasi. Variasi yang digunakan berupa perbandingan fraksi mol yaitu 0:10, 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1, 10:0. Setiap variasi fraksi mol memiliki jumlah mol tetap. Hasil dari metode variasi kontinu yang telah dilakukan didapatkan grafik pada Gambar 4.9.



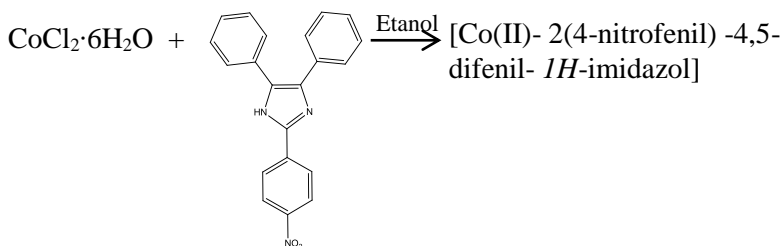
Gambar 4.9 Grafik Metode Variasi Kontinu Kompleks [Co(II)-2(4-nitrofenil)-4,5-difenil- *1H*-imidazol

Gambar 4.9 menunjukkan garis singgung dari perpotongan sumbu x menghasilkan titik potong pada fraksi mol 0,6. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan antara logam $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil- *1H*-imidazol dalam membentuk ikatan koordinasi dalam senyawa kompleks adalah 1:2.

4.2.3 Sintesis Kompleks Kobalt(II) dengan Ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-*1H*-imidazol

Sintesis kompleks diawali dengan mencampurkan logam dan ligan dengan perbandingan 1:2 sesuai dengan hasil metode variasi kontinu yang telah dilakukan sebelumnya. Garam logam $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,0592 gram; 0,25 mmol) direaksikan dengan ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil- *1H*-imidazol (0,1985 gram; 0,5 mmol) menggunakan pelarut etanol. Etanol dipilih sebagai pelarut karena dapat melarutkan logam dan ligan secara sempurna. Selanjutnya reaksi berjalan menggunakan alat refluks pada suhu 60-80°C

selama 24 jam dan disertai pengadukan agar reaksi pembentukan kompleks berjalan lebih cepat. Setelah reaksi selesai, hasil sintesis dituang ke dalam gelas beaker dengan seluruh permukaan gelas ditutup aluminium foil kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan dibiarkan selama 7 hari agar kristal kompleks dapat terbentuk. Reaksi pembentukan kompleks adalah seperti pada Gambar 4.10:



Gambar 4.10 Reaksi Sintesis Kompleks Kobalt(II)

Kompleks yang terbentuk berwujud jarum dan berwarna kuning. Tampilan fisik kristal kompleks dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.11 Tampilan Fisik Kompleks Co(II) - 2(4-nitrofenil) - 4,5-difenil- 1*H*-imidazol

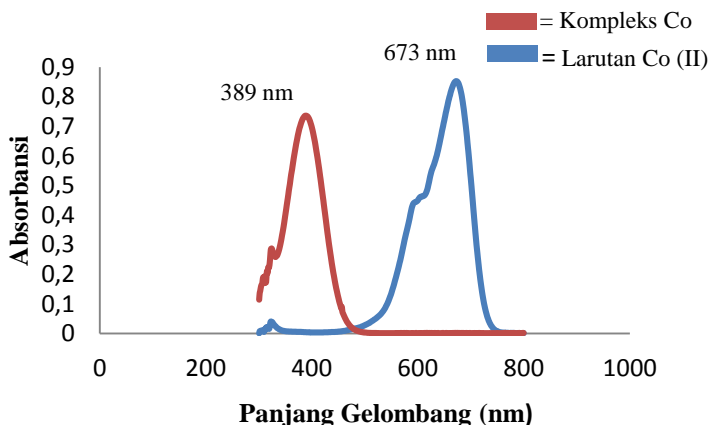


Gambar 4.12 Tampilan Fisik Kompleks Co(II) -2(4-nitrofenil) - 4,5-difenil- *1H*-imidazol dengan Foto Mikroskop Olympus

4.3 Karakterisasi

4.3.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Kobalt(II) dengan Ligan 2(4-nitrofenil)-4,5-difenil-*1H*-imidazol menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Penentuan panjang gelombang maksimum kompleks dilakukan untuk mengetahui terbentuk atau tidaknya suatu senyawa kompleks yang disintesis. Dalam penelitian ini dilakukan analisa dengan melarutkan sumber ion logam yaitu $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan kompleks hasil sintesis secara terpisah. Kemudian kedua larutan tersebut diukur panjang gelombangnya pada daerah 300–800 nm. Gambar 4.13 menunjukkan spektra panjang gelombang maksimum dari kedua larutan.



Gambar 4.13 Panjang Gelombang Maksimum Larutan $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan Kompleks $[\text{Co}(\text{II}) - 2(4\text{-nitrofenil}) - 4,5\text{-difenil- } 1H\text{-imidazol}]$

Spektra diatas menunjukkan senyawa $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ memiliki panjang gelombang maksimum pada daerah 673 nm sedangkan untuk senyawa kompleks kobalt(II) -2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol memiliki panjang gelombang maksimum 389 nm. Pergeseran daerah panjang gelombang yang dimiliki kompleks kobalt(II) -2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol menunjukkan bahwa kompleks tersebut berhasil disintesis. Penurunan panjang gelombang maksimum yang dihasilkan oleh kompleks kobalt(II)- 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol bergeser ke daerah UV dikarenakan terjadi transfer muatan dari ligan ke logam membentuk ikatan koordinasi. Serapan warna pada spektra UV merupakan serapan warna komplementer dari senyawa kompleks yaitu violet yang berada pada kisaran panjang gelombang 400 – 480 nm (Underwood, 2002).

4.3.2 Analisis Unsur C, H, dan N

Analisis unsur menggunakan alat *elemental analyzer* merupakan salah satu analisis penting untuk mengetahui

kandungan unsur suatu senyawa. Alat *elemental analyzer* dapat menentukan komposisi unsur karbon, hidrogen dan nitrogen. Hasil analisis dari senyawa kompleks menggunakan alat *elemental analyzer* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perbandingan Komposisi Unsur C, H, dan N secara Eksperimen dan Teoritis

Rumus Molekul	%C	%H	%N
Eksperimen	70,305	4,535	11,559
$[(\text{H}_2\text{O})_3\text{ClCoL}_2]\text{Cl}$	61,42`	5,32	4,29
$[(\text{H}_2\text{O})_4\text{CoL}_2]\text{Cl}_2$	60,31	5,43	4,22
$[(\text{H}_2\text{O})_4\text{CoL}_2]\text{Cl}_2.\text{H}_2\text{O}$	59,23	5,53	4,14
$[\text{CoL}_3]$	70,004	4,17	11,67
$[(\text{H}_2\text{O})_2 \text{Cl}_2\text{CoL}_2]$	62,57	5,21	4,38

L= 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- 1*H*-imidazol

Tabel diatas menunjukkan perbandingan kandungan unsur kompleks secara teori dan eksperimen. Berdasarkan hasil eksperimen, rumus molekul yang paling mendekati adalah $[\text{CoL}_3]$. Perhitungan unsur secara teori dan eksperimen dapat dilihat pada Lampiran D.

4.3.3 Analisis Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Analisis spektroskopi serapan atom dilakukan untuk mengetahui kadar ion logam dalam senyawa kompleks yang telah disintesis. Kadar ion logam yang dicari pada penelitian ini adalah logam kobalt. Hasil dari analisis spektroskopi serapan atom ini kemudian digabungkan dengan hasil *elemental analyzer* yang selanjutnya akan digunakan untuk memastikan formula kompleks yang terbentuk. Perhitungan kadar ion logam dalam berbagai kemungkinan formula kompleks dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

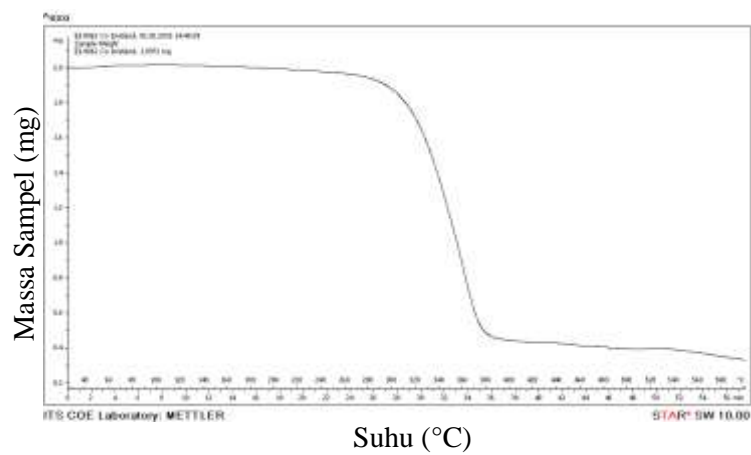
Tabel 4.3 Perbandingan Komposisi Unsur C, H, N, dan logam Co secara Eksperimen dan Teoritis

Rumus Molekul	%C	%H	%N	%Co
Eksperimen	70,305	4,535	11,559	5,53
$[(\text{H}_2\text{O})_3\text{ClCoL}_2]\text{Cl}$	61,42`	5,32	4,29	5,82
$[(\text{H}_2\text{O})_4\text{CoL}_2]\text{Cl}_2$	60,31	5,43	4,22	5,72
$[(\text{H}_2\text{O})_4\text{CoL}_2]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	59,23	5,53	4,14	5,62
$[\text{CoL}_3]$	70,004	4,17	11,67	5,45
$[(\text{H}_2\text{O})_2 \text{Cl}_2\text{CoL}_2]$	62,57	5,21	4,38	5,93

Tabel diatas menunjukkan bahwa kandungan unsur C, H, N, dan Co secara teoritis mendekati hasil yang didapatkan dari eksperimen dengan formula kompleks $[\text{CoL}_3]$. Perhitungan kadar ion logam secara teoritis dan eksperimen dapat dilihat pada Lampiran E .

4.3.4 Analisis Termogravimetri (TGA)

Analisis termogravimetri (TGA) dilakukan untuk mengetahui perubahan massa sampel yang terdekomposisi sebagai fungsi suhu. Hilangnya massa sampel akibat pemanasan tersebut dibandingkan dengan massa awal sampel untuk diketahui perbandingannya. Selanjutnya setelah didapatkan informasi mengenai perubahan massa sampel, data tersebut dapat digunakan untuk memperkuat perkiraan formula kompleks yang sudah disintesis. Analisis TGA pada senyawa Kobalt(II)- 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol dilakukan pada suhu 20–600 °C dengan kenaikan suhu 10 °C/menit. Massa sampel yang digunakan sebanyak 1,9972 mg. Hasil dari analisis TGA dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Tabel 4.4.



Gambar 4.14 Grafik TGA Kompleks Co(II)

Tabel 4.4 Data TGA Kompleks

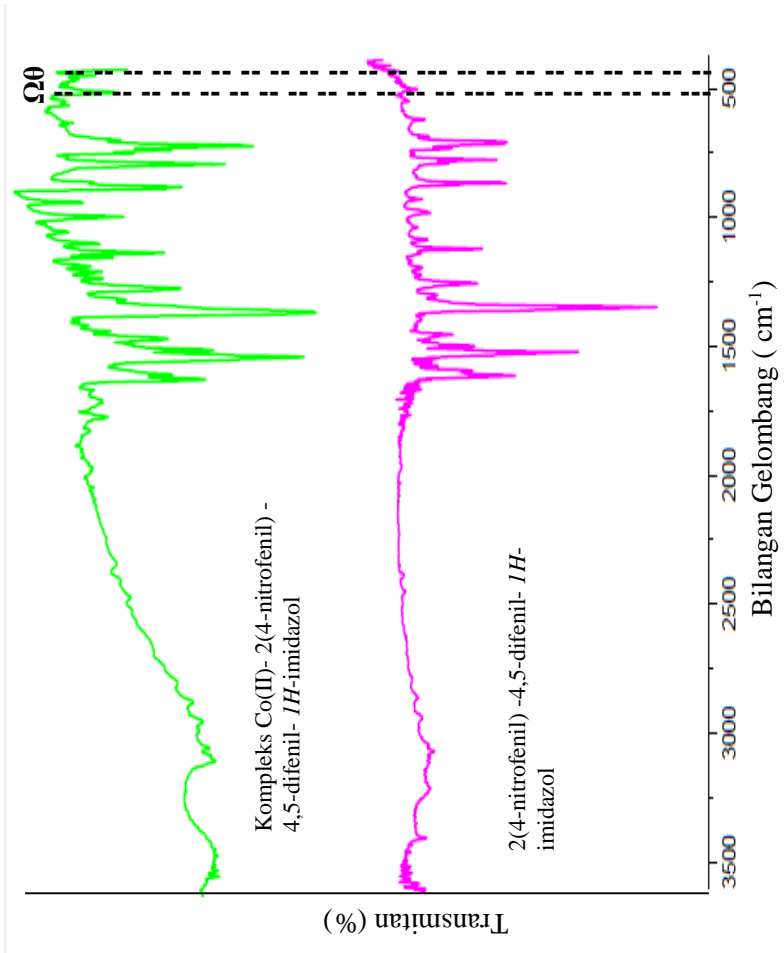
Suhu Dekomposisi (°C)	% Berat Eksperimen	Spesi	% Berat Teoritis
0	100	[Co(C ₂₁ H ₁₄ N ₃ O ₂) ₂ (C ₂₁ H ₁₅ N ₃ O ₂)]	100
240 - 380	78,8815	[Co(N ₆ O ₆)]	78,2
440 – 460 540 - 570	4,9477	[Co(N ₆ O ₃)]	4,448
600	16,5811 (sisa)	[Co(N ₆ O ₃)] (sisa)	17,52

Berdasarkan hasil analisis TGA diatas dapat dilihat bahwa sampel kompleks mengalami tiga kali proses dekomposisi. Penurunan massa sampel tahap pertama sebesar 78,8915% atau 1,5756 mg terjadi pada kisaran suhu 240–380 °C. Spesi yang tersisa pada suhu tersebut diperkirakan adalah[Co(N₆O₆)].

Penurunan massa sampel tahap kedua sebesar 1,8845% atau 0,0376 mg pada suhu 440–460 °C dan penurunan massa tahap ketiga yaitu sebesar 3,0632% atau 0,0611 mg pada suhu 540 – 570 °C diperkirakan spesi yang tersisa karena penurunan kedua dan ketiga adalah $[\text{Co}(\text{N}_6\text{O}_3)]$. Residu yang tersisa sebanyak 16,5811% atau 0,3311 mg diperkirakan adalah $[\text{Co}(\text{N}_6\text{O}_3)]$. Pada suhu 120-150 °C tidak terjadi dekomposisi pada senyawa. Hal itu menunjukkan bahwa senyawa kompleks Kobalt(II)- 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- *1H*-imidazol tidak memiliki air kristal. Dari ketiga tahap penurunan massa sampel dan dilihat dari tidak adanya air kristal maka hasil dari analisis TGA mendukung perkiraan rumus molekul senyawa yaitu $[\text{CoL}_3]$. Rincian perhitungan analisis TGA dapat dilihat pada Lampiran F.

4.3.5 Analisis dengan Spektrofotometer FTIR

Analisis spektrofotometer FTIR sangat diperlukan pada kompleks hasil sintesis. Analisis ini dapat memberikan informasi mengenai gugus fungsi apa saja yang ada pada suatu kompleks. Data berupa gugus fungsi yang sudah didapatkan selanjutnya bisa digunakan untuk mempermudah penentuan struktur kompleks yang diprediksi sebelumnya. Penelitian ini menggunakan bilangan gelombang pada daerah 396-4000 cm^{-1} . Bilangan gelombang pada daerah 396-4000 cm^{-1} menunjukkan adanya beberapa puncak khas yang ada pada kompleks hasil sintesis. Berdasarkan hasil analisis FTIR antara ligan dan kompleks $[\text{Co}(\text{II})$ - 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol] yang telah dilakukan (Lampiran G), muncul spektra yang berbeda dari kedua senyawa tersebut. Kedua spektra dari senyawa tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Spektra FTIR Kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- 1H-imidazol dengan Ligan 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- 1H-imidazol

Gambar 4.15 diatas menunjukkan adanya ikatan antara logam dengan ligan yang terbentuk. Ikatan antara logam Co dengan atom N pada imidazol ditunjukkan pada bilangan gelombang $408,88\text{ cm}^{-1}$ (Θ). Bilangan gelombang tersebut tidak berbeda jauh dengan bilangan gelombang antara Co-N yang sebelumnya dikemukakan oleh Nakamoto pada tahun 1997 yaitu 433 cm^{-1} . Sedangkan ikatan antara atom O dari gugus nitro dengan logam Co ditunjukkan pada bilangan gelombang 543 cm^{-1} (Ω). Hal ini bersesuaian dengan ikatan antara logam Co dengan atom O sebesar 564 cm^{-1} pada senyawa kompleks kobalt(II)- 2-[1-(3-(1H-imidazol-1-yl)propylimino)-3-(phenylallyl)]phenol (Kalanithi *et al.*, 2012).

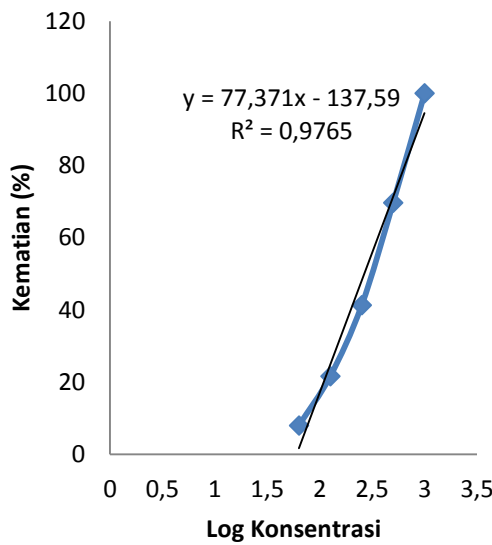
4.3.6 Uji Toksisitas *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT)

Uji toksisitas dilakukan untuk mengetahui toksisitas dari suatu senyawa baik dari bahan alam maupun produk sintesis. Uji toksisitas yang sering digunakan adalah metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) (Sukardiman, 2004). Pengujian ini dapat dijadikan sebagai screening awal terhadap senyawa bioaktif yang diduga berkhasiat sebagai anti kanker (Iskamto *et al.*, 2003). Prinsip dari uji BSLT adalah dengan mengetahui jumlah kematian larva *Artemia salina* karena pengaruh ekstrak atau senyawa yang diberikan pada larva tersebut (McLaughlin, 1991). Uji ini dilakukan dengan menentukan besarnya nilai LC_{50} suatu senyawa. Senyawa uji memiliki efek toksik jika nilai $LC_{50} < 1000$ ppm sedangkan pada senyawa murni dihasilkan $LC_{50} < 200$ ppm (Meyer *et al.*, 1982).

Senyawa uji hasil dari sintesis dibuat menjadi beberapa variasi konsentrasi yaitu 62,5; 125; 250; 500; dan 1000 ppm. Uji toksisitas BSLT ini dilakukan sebanyak tiga kali. Kemudian hasil dari uji BSLT diplotkan kedalam bentuk grafik log konsentrasi dan %kematian. Hasil uji BSLT pada senyawa uji dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.16.

Tabel 4.5 Data Hasil Uji Toksisitas BSLT terhadap Kompleks Co(II)

Konsentrasi (K) ppm	Log K	Mati	Hidup	Akumulasi Mati	Akumulasi Hidup	% Kematian
62,5	1,8	7	23	7	81	7,95454545
125	2,1	9	21	16	58	21,6216216
250	2,4	10	20	26	37	41,2698413
500	2,7	13	17	39	17	69,6428571
1000	3	30	0	69	0	100



Gambar 4.16 Grafik Hasil Uji BSLT Kompleks Co(II)

Berdasarkan data yang ada pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.16, hasil dari uji BSLT pada senyawa menunjukkan bahwa

semakin besar konsentrasi dari senyawa uji maka %kematian larva *Artemia salina* juga akan semakin besar begitu pula sebaliknya. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Juniarti pada 2009 yang memberikan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi senyawa uji makan akan semakin tinggi pula nilai %kematian larva. Dari data regresi linier yang ada pada grafik, didapatkan nilai LC_{50} senyawa uji sebesar 265,79 mg/L. Nilai LC_{50} yang didapat mengindikasikan bahwa kompleks memiliki sifat tidak toksik karena nilai $LC_{50} > 200$ ppm. Nilai LC_{50} tersebut jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai LC_{50} kompleks [Co(2-apy)(O₂)(OX)] yaitu 14,15 ppm (Alam *et al.*, 2004). Namun nilai LC_{50} kompleks [Co(II)- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil-1*H*-imidazol] lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai LC_{50} kompleks [Zn(II)- piridin- 2,6- dikarboksilat yaitu 989,26 ppm (Martak & Christanti, 2014). Perhitungan nilai LC_{50} senyawa terdapat pada Lampiran H.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa senyawa kompleks Co(II) dengan ligan 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol berhasil disintesis dengan rumus molekul $[\text{Co}(\text{2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1H-imidazol})_3]$. Rumus molekul yang didapat juga didukung oleh hasil karakterisasi dari senyawa kompleks yaitu analisis SSA, penentuan unsur C,H, dan N dengan elemental analyzer, dan analisis TGA. Selain itu, hasil analisis FTIR dan analisis spektroskopi UV-Vis juga mendukung terbentuknya kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol. Uji aktivitas biologis dari kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol dilakukan menggunakan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). Nilai LC_{50} senyawa yang didapatkan dari uji BSLT sebesar 265,79 mg/L. Hasil LC_{50} ini menunjukkan bahwa kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol bersifat tidak toksik.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan beberapa hal untuk penelitian lebih lanjut, antara lain :

1. Perlu dilakukan karakterisasi XRD kristal tunggal untuk penentuan struktur kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol agar didapatkan rumus formula kompleks yang lebih akurat.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan yang berhubungan dengan uji toksitas kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol untuk aktivitas anti kanker.

3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk kompleks dengan ligan 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol menggunakan logam yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, M. A., Kudrat-e-zahan, & Seema, M. S. (2004). Studies on the Antibacterial and Cytotoxic Activities of Three Cobalt μ -Peroxo Complexes and Two Zirconium μ -Peroxo Complexes. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7, 891-894.
- Alwathoni, M. (2011). *Kompleks Kobalt(II) Piridin-2,6-Dikarboksilat: Sintesis, Karakterisasi dan Uji Toksisitas*, Tesis. Surabaya: ITS.
- Amira, F. D. (2008). *Uji Toksisitas Akut Bahan Obat Herbal "X" Ditinjau dari nilai LD50 serta Fungsi Hati dan Ginjal pada Mencit Putih*. Depok: Skripsi Universitas Indonesia.
- Bresnick, S. D. (2004). *Intisari Kimia Organik (Terjemahan)*. Jakarta: Hipokrates.
- Cazes, J. (2004). *Encyclopedia of Chromatography*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Clayden, J. (2005). *Organic Chemistry. Second edition*. Oxford.
- Dwiatmaka, Y. (2001). *Identifikasi Simplek dan Toksisitas Akut Secara BST Ekstrak Kulit Batang Pule (Alstonia scholaris)*. Yogyakarta: Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Ebdon, L., Evans, E. H., Fisher, A., & Hill, S. J. (1998). *An Introduction to Analytical Atomic Spectrometry*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

- El-Boraey, H. A. (2012). Coordination Behaviour of Tetraaza [N4] Ligand Towards Co(II), Ni(II), Cu(II), Cu(I) and Pd(II) Complexes: Synthesis, Spectroscopic Characterization and Anticancer Activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 97, 255-262.
- Ewing, G. W. (1985). *Instrument Method of Chemical Analysis*. New York: Mc-Graw-Hill.
- Fessenden, R., & Fessenden, J. (1986). *Kimia Organik 3rd ed.* Jakarta: Erlangga.
- Hart, H., Craine, L. E., & Hart, D. J. (2003). *Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat 11th ed.* Jakarta: Erlangga.
- Hatakeyama, T., & Quinn, F. X. (1999). *Thermal Analysis Fundamental and Applications to Polymer Science*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Heffern, M. C., Yamamoto, N., Holbrook, R. J., & Meade, A. L. (2003). Cobalt Derivatives as Promising Therapeutic Agents. *Current Opinion in Chemical Biology* 17, 189-196.
- Hoffman, R. (2004). *Organic Chemistry: an Intermediate Text, 2nd Ed.* New York: John Willey & Sons Inc.
- Iskamto, Suhartinah, & Sunarni. (2003). Uji Toksisitas dan Anti Infeksi Ekstrak Etanol Buah Brucea sumatrana Roxb. Terhadap Larva Udang Artemia salina Leach. dan Staphylococcus aureus. *Biosmart* 5 (4), 65-67.

- Jain, A. K., Ravichandran, V., Sisodiya, M., & Agrawal, R. K. (2010). Synthesis and Antibacterial Evaluation of 2-substituted-4,5-diphenyl-N-alkyl Imidazole Derivatives. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 471-474.
- Juniarti, Osmeli, D., & Yuhernita. (2009). Kandungan Senyawa Kimia, Uji Toksisitas (Brine Shrimp Lethality Test) dan Antioksidan (1,1-diphenyl-2-pikrilhidrazil) dari Ekstrak Daun Saga (*Abrus precatorius* L.). *Makara* 13, 50-54.
- Kalanithi, M., Rajarajan, M., P, Tharmaraj, & Sheela, C. (2012). Spectral, Biological Screening of Metal Chelates of Chalcone Based Schiff Bases of N-(3-aminopropyl) imidazole. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 87, 155-162.
- Kealey, F. W. (2000). *Principles and Practice of Analytical Chemistry Fifth Edition*. Victoria: Blackwel Science Ltd.
- Khabnadideh, S., Rezaei, Z., Khalafi-Nezhad, A., Bahrinajafi, R., Mohamadi, R., & Farrokhrooz, A. A. (2003). Synthesis of N-Alkylated Derivatives of Imidazole as Antibacterial Agents. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 2863-2865.
- Khopkar, S. (1990). *Konsep Kimia Analitik*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Kleyi, P., Walmsley, R. S., Fernandes, M. A., Torto, N., & Tshentu, Z. R. (2012). Syntheses, Characterization and Antimicrobial Activity of Silver(I) Complexes Containing 2-Hydroxymethyl-N-Alkylimidazole Ligands. *Polyhedron* 41, 25-29.

- Lawrance, G. A. (2010). *Introduction to Coordination Chemistry*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Martak, F., & Christanti, T. A. (2014). Synthesis and Toxicity Test of Zinc(II) Pyridine-2,6-Dicarboxylate Complexes. *IPTEK, The Journal for Technology and Science* 25, 13-17.
- Martak, F., Onggo, D., Nugroho, A., Mufti, N., & Yamin, B. (2009). Synthesis and Characterization of a Bimetallic Oxalate Based Magnet $[(C_9H_9)_4P][M(II)Cr(ox)_3]$ M = Fe, Co, Ni, Cu. *Current Research in Chemistry* 1, 1-7.
- McLaughlin, J. L. (1991). Crown Gall Tumours on Potato Disc and Brine Shrimp Lethality: Two Simple Bioassay for Higher Plant Screening and Fractination. *Methods in Plants Biochemistry* 6 (1), 1-30.
- Meyer, B. N., Ferrigni, N. R., Putnam, J. E., Jacobsen, L. B., Nichols, D. E., & McLaughlin, J. L. (1982). Brine Shrimp: Aconvenient General Bioassay for Active Plant Constituents. *Medicinal Plant Research Planta Medica* 45, 31-34.
- Nahar, S. D. (2007). *Chemistry for Pharmacy Student*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
- Nakamoto, K. (1997). *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds*. John Wiley & Sons, Inc.
- Okoronkwo, A. E., Owolabi, B. J., Lumure, O. J., & Olagboye, a. S. (2013). Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activities of Mercaptobenzimidazole, Thiosemicarbazide and Thiocyanate Mixed Ligands Cobalt(II) Complexes.

FUTA Journal of Research in Sciences Vol 9 No 1, 156-162.

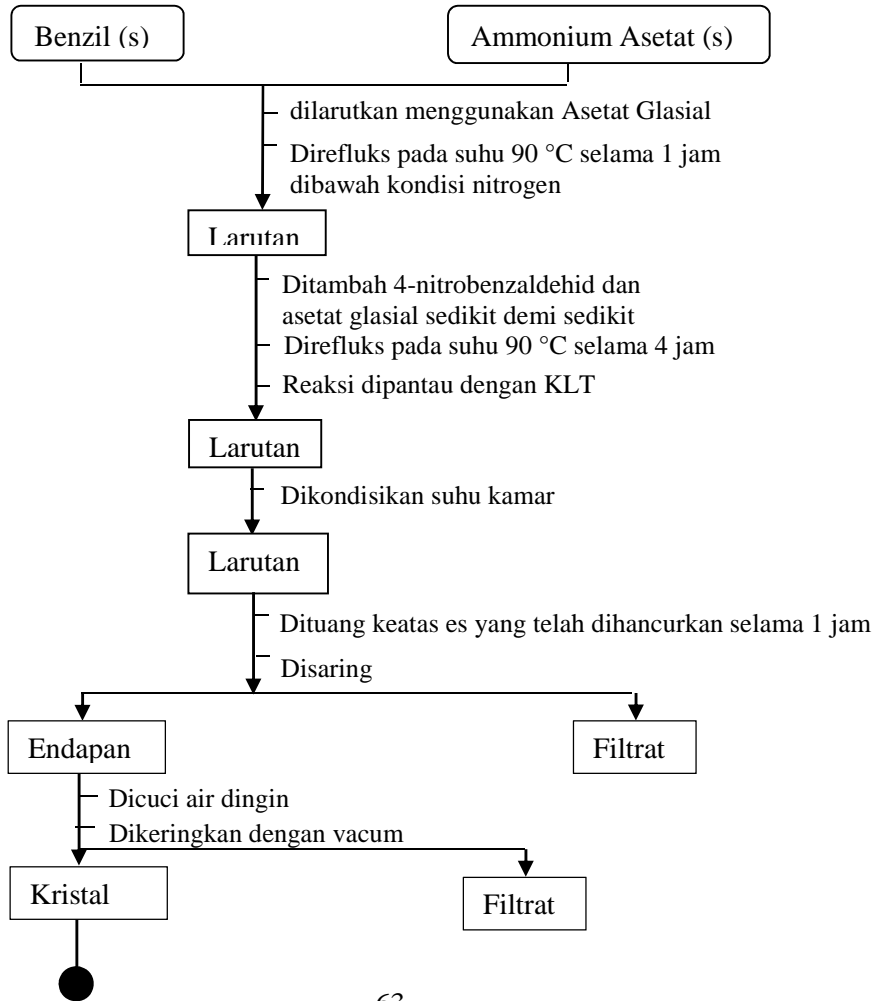
- Patnaik, P. (2004). *Dean's Analytical Chemistry Handbook Second Edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Pine, S., Hendrickson, J., Cram, D., & Harmond, G. (1988). *Kimia Organik 1, Terjemahan Roehyati Joedodibroto dan Susanti W; Purbo-Hadiwidjoyo, Edisi Keempat*. Bandung: Penerbit ITB.
- Ramdhini, R. N. (2010). *Uji Toksisitas terhadap Artemia salina Leach. dan Toksisitas Akut Komponen Bioaktif Pandanus conoideus var. conoideus Lam. sebagai Kandidat Antikanker*. Surakarta: Skripsi Universitas Sebelas Maret.
- Reutzel, E. (2004). Thermal Methods in the Study of Polymorphs and Solvates. *Lilly Research Laboratories Eli Lilly & Company Indianapolis, IN 46285*.
- Sandoval, H. L., Lemos, M. E., Velasco, R. G., Melendez, I. P., Marcias, P. G., & Behrens, I. G.-M. (2008). Synthesis, Structure and Biological Activities of Cobalt(II) and Zinc(II) Coordination Compounds With 2-Benzimidazole Derivatives. *Journal of Inorganic Biochemistry* 102, 1267-1276.
- Settle, F. A. (1997). *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. New Jersey: Prentice Hall Inc.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2000). *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Brooks Cole.

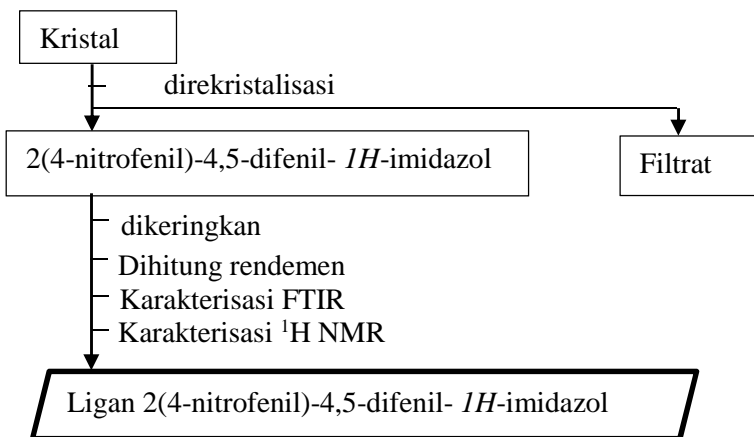
- Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Sugiyarto, S. R. (2010). *Kimia Anorganik Logam*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sukardiman, P. N. (2004). Uji Praskrining Aktivitas Antikanker Ekstrak Eter dan Ekstrak Metanol *Marchantia planiloba* Steph. Dengan Metode Uji Kematian Larva Udang dan Profil Densitometri Ekstrak Aktif. *Majalah Farmasi Airlangga* 4 (3), 97-100.
- Sunarminingsih, R. (2012). *Metabolit Sekunder: Manfaat dan Perkembangannya dalam Dunia Farmasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Supratman, U. (2010). *Elusidasi Struktur Senyawa Organik (Metode Spektroskopi untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik)*. Bandung: Widya Pajajaran.
- Tuli, G. D., Madan, R. D., Basu, S. K., & Prakash, S. (2000). *Advanced Inorganic Chemistry Volume II*. New Delhi: S. Chand and Company Ltd.
- Underwood, R. D. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Vogel, A. I. (1979). *A Text-Book of Macro and Semimacro Qualitative Inorganic Analysis*. New York: Longman Group Limited.

LAMPIRAN

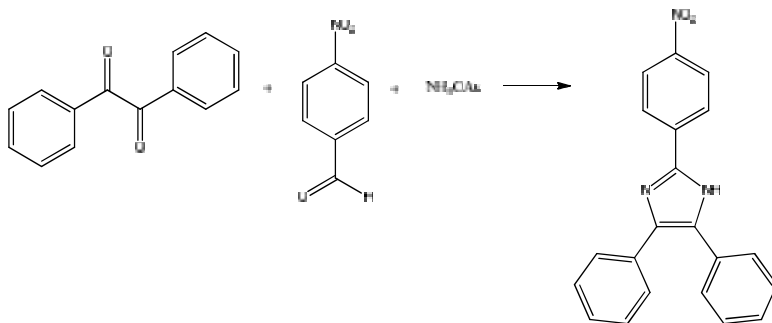
LAMPIRAN A

SINTESIS LIGAN 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- 1*H*-imidazol





Rendemen Ligan 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- 1H-imidazol

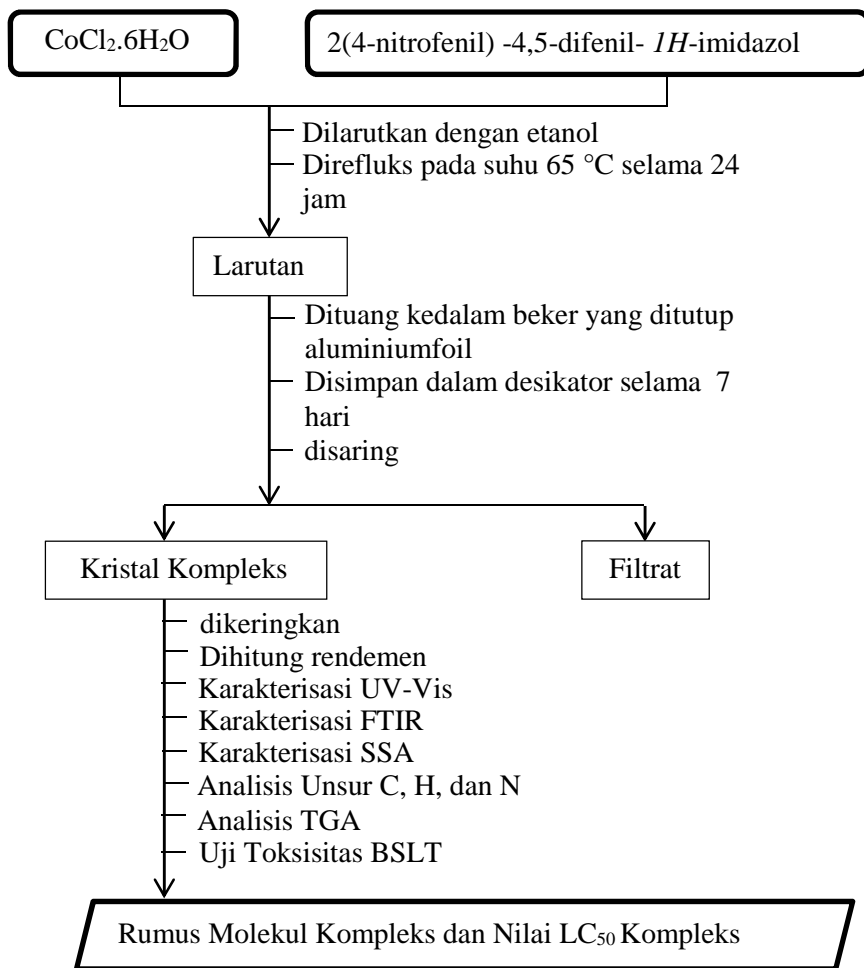


m	:	0,01 mol	-
r	:	0,01 mol	0,01 mol
s	:	-	0,01 mol

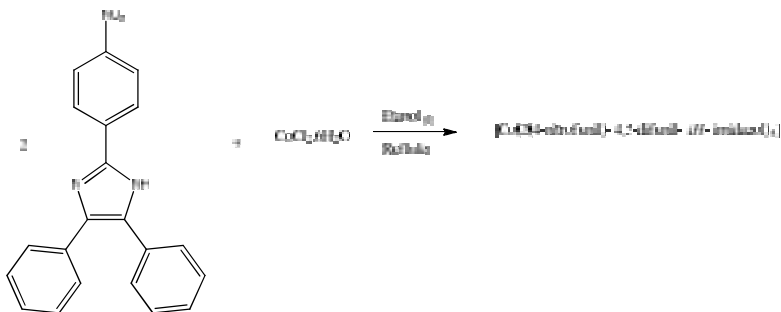
$$\begin{aligned}
 \text{Massa teoritis rendemen} &= \text{mol ligan} \times \text{Mr ligan} \\
 &= 0,01 \text{ mol} \times 341 \text{ g/mol} \\
 &= 3,41 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\text{Massa hasil percobaan} = 2,6334 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{rendemen} &= \frac{m_{\text{e}}}{m_{\text{t}}} \times 100\% \\
 &= \frac{2,6}{3,4} \times 100\% \\
 &= 77,22\%
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN B**SINTESIS KOMPLEKS [Co(II)- 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil-1*H*-imidazol]**

Rendemen Kompleks [Co(II)- 2(4-nitrofenil) -4,5-difenil- 1H-imidazol]



m:	0,0005 mol	0,00025 mol	
r :	0,0005 mol	0,00025 mol	0,00025 mol
s :	-	-	0,00025 mol

$$\begin{aligned} \text{Massa teoritis rendemen} &= \text{mol kompleks} \times \text{Mr kompleks} \\ &= 0,00025 \text{ mol} \times 1079,93 \text{ g/mol} \\ &= 0,27 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Massa hasil percobaan} = 0,2133 \text{ gram}$$

$$\% \text{rendemen} = \frac{m_e}{m_t} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,2}{0,27} \times 100\% \\ &= 79\% \end{aligned}$$

LAMPIRAN C

ANALISIS UNSUR C, H, DAN N

Summary Results

Sample name	Filename	in Date	in Time	Type	Weight(mg)	Protein Factor	Humidity %	AS	vis	Nitrogen	Carbon	Hydrogen	Sulfur
71	Cu methyl imidazole	Msc 132	18/03/2015	11:47	UNK	2.798	6.25	0		14.58300201	23.2579452	3.11259459	0
72	Mn imidazole	Msc 133	18/03/2015	11:59	UNK	2.098	6.25	0		11.59732965	70.30579475	4.325326352	0
73	Co imidazole	Msc 134	18/03/2015	12:11	UNK	2.443	6.25	0		11.55925465	70.30385743	4.53501749	0
74	Cu imidazole	Msc 135	18/03/2015	12:23	UNK	2.69	6.25	0		10.55925465	64.89197542	4.406195134	0

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN KADAR UNSUR DAN LOGAM PADA KOMPLEKS SECARA TEORITIS

Rumus kompleks yang didapatkan dari hasil sintesis adalah [Co(2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*- imidazol)₃]. Berikut perhitungan kadar unsur dan logam secara teoritis.

$$\% \text{ unsur} = \frac{\text{Jumlah unsur}}{\text{M S}} \times 100\%$$

$$\% \text{ C} = \frac{6 \times 1}{11,9} \times 100\% = 70,004\%$$

$$\% \text{ H} = \frac{4 \times 1}{11,9} \times 100\% = 4,17\%$$

$$\% \text{ N} = \frac{5 \times 1}{11,9} \times 100\% = 11,67\%$$

$$\% \text{ Co} = \frac{1 \times 5,9}{11,9} \times 100\% = 5,45\%$$

LAMPIRAN E

PERHITUNGAN KADAR ION LOGAM DALAM KOMPLEKS

Pembuatan Larutan standar konsentrasi 100 ppm:

- a. Konsentrasi larutan standar = 100 ppm = 100mg/L
 = 100 mg/1000 mL
 = 10 mg/100 mL
 = 0,01 gram Co/100 mL

b. Massa $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = \frac{M \text{ Co} \cdot 2620}{A \text{ Co}} \times \text{massa Co}$

$$= \frac{2,9}{5,9} \times 0,01 \text{ gram}$$

$$= 0,0404 \text{ gram}$$

- c. Pengenceran larutan standar konsentrasi 100 ppm menjadi 1, 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm:

❖ Konsentrasi 1 ppm: $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$
 $V_1 \times 100 = 50 \times 1$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

❖ Konsentrasi 2 ppm: $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$
 $V_1 \times 100 = 50 \times 2$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

❖ Konsentrasi 4 ppm: $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$
 $V_1 \times 100 = 50 \times 4$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

❖ Konsentrasi 6 ppm: $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$
 $V_1 \times 100 = 50 \times 6$

$$V_1 = 3 \text{ mL}$$

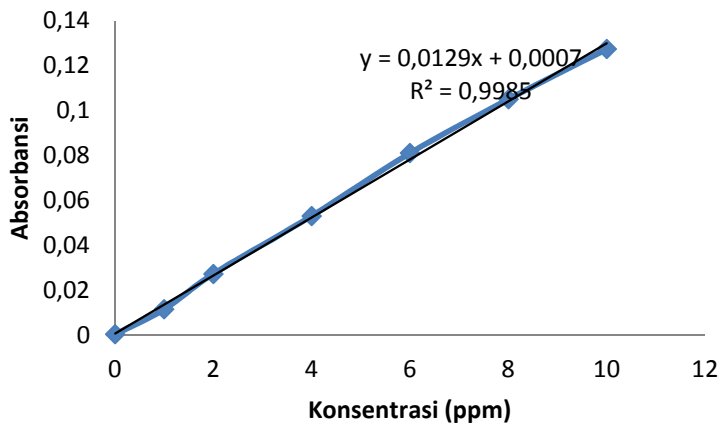
❖ Konsentrasi 8 ppm: $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$
 $V_1 \times 100 = 50 \times 8$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

❖ Konsentrasi 10 ppm: $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$
 $V_1 \times 100 = 50 \times 10$
 $V_1 = 5 \text{ mL}$

Tabel 1. Data Absorbansi Kobalt dalam Larutan Standar

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,0004
1	0,0115
2	0,0273
4	0,0531
6	0,0811
8	0,1051
10	0,1274



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Larutan Standar

Pembuatan larutan cuplikan konsentrasi 100 ppm :

- a. Konsentrasi larutan cuplikan = 100 ppm = 100 mg/L
 $= 100 \text{ mg}/1000 \text{ mL}$
 $= 10 \text{ mg}/100 \text{ mL}$
 $= 5 \text{ mg Co}/50 \text{ mL}$
- b. Pengenceran larutan cuplikan konsentrasi 100 ppm menjadi 2 ppm:
 \diamond Konsentrasi 2 ppm: $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$
 $V_1 \times 100 = 50 \times 2$
 $V_1 = 1 \text{ mL}$

Tabel 2. Data Absorbansi Kobalt dalam Cuplikan

Cuplikan	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Konsentrasi terbaca AAS (ppm)
Cuplikan	2 ppm	0,0070	0,4816

Persamaan regresi linier:

$$Y = ax + b$$

$$Y = 0,0129x + 0,0007$$

Konsentrasi untuk cuplikan:

$$Y = 0,0129x + 0,0007$$

$$0,0070 = 0,0129x + 0,0007$$

$$X = 0,4883$$

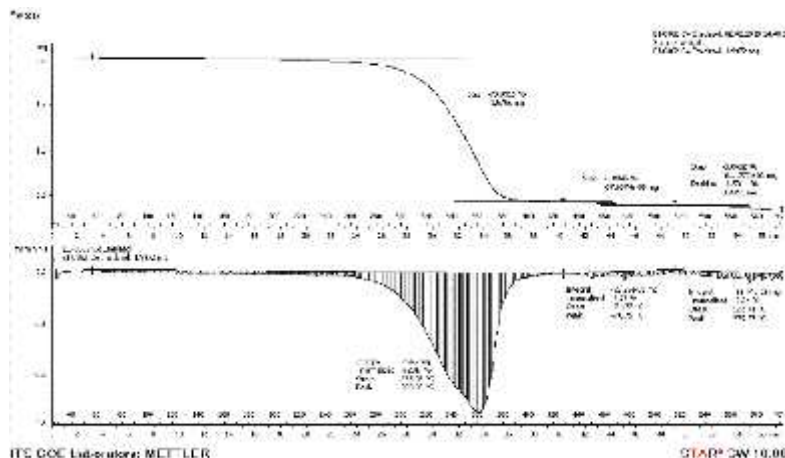
$$\text{Mg sample} = \frac{0,4 \text{ g} \times 1,9 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times 0,0}{5,9 \frac{\text{g}}{\text{mL}}} = 0,0882 \text{ mg/L}$$

Kadar (%) tembaga dalam sampel:

$$\frac{0,4 \times 0,0}{0,0} \times 100\% = 5,53\%$$

LAMPIRAN F

KURVA DTA/TGA KOMPLEKS



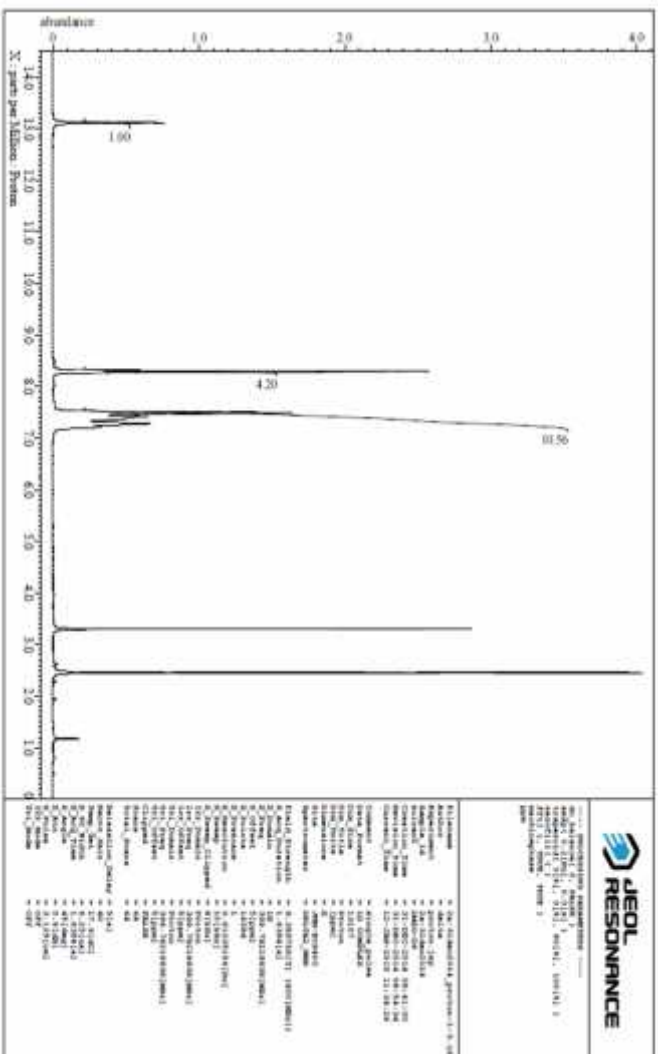
Gambar 1. Termogram

Tabel 4.4 Data TGA Kompleks

Suhu Dekomposisi (°C)	% Berat Eksperimen	Spesi	% Berat Teoritis
0	100	$[\text{Co}(\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{O}_2)_2(\text{C}_{21}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2)]$	100
240 - 380	78,8815	$[\text{Co}(\text{N}_6\text{O}_6)]$	78,2
440 - 460 540 - 570	4,9477	$[\text{Co}(\text{N}_6\text{O}_3)]$	4,448
600	16,5811 (sisa)	$[\text{Co}(\text{N}_6\text{O}_3)]$ (sisa)	17,52

LAMPIRAN

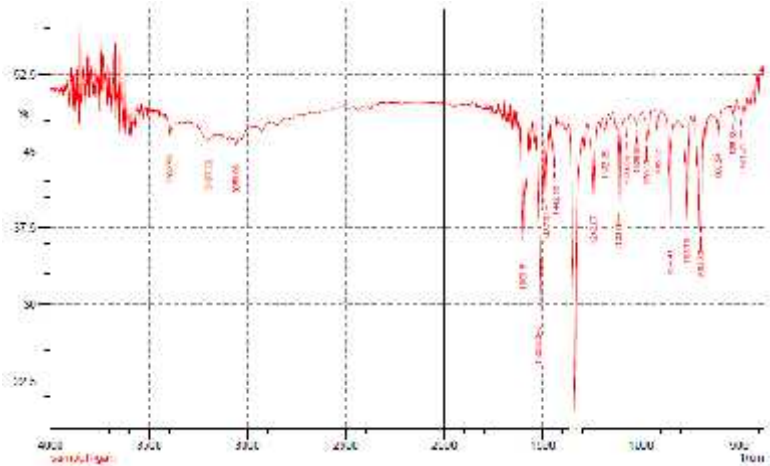
SPEKTRUM ^1H NMR



Gambar 1. Spektrum ^1H NMR

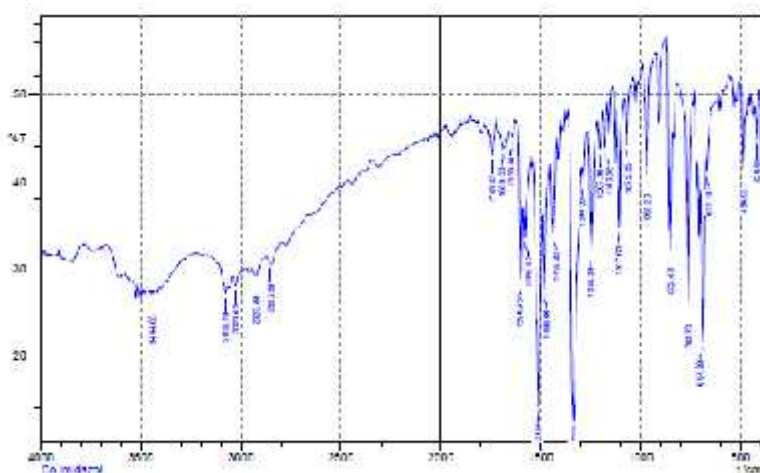
LAMPIRAN H

SPEKTRA INFRAMERAH



Gambar 1. Spektrum FTIR Ligan 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- 1*H*- imidazol

	Peak	Intensity	Cont. Intensity	Base (I)	Base (J)	Area	Cont. Area
1	461.31	47.824	1.77	469.53	476.38	7.285	0.185
2	526.53	40.88	0.395	830.39	822.67	2.305	0.012
3	607.54	46.836	1.866	619.11	595.96	7.42	0.154
4	664.33	37.04	2.837	660.18	678.9	7.147	0.169
5	783.76	38.252	8.016	771.47	746.33	6.207	0.603
6	864.41	37.183	11.24	891.06	833.19	19.905	1.336
7	976.12	46.973	2.062	943.13	881.06	18.363	0.236
8	1070.13	48.068	2.968	969.2	943.13	16.666	0.515
9	1026.06	47.474	0.065	1053.06	1014.46	12.238	0.010
10	1074.38	46.331	2.046	1085.86	1053.06	10.66	0.222
11	1108.94	32.96	7.896	1116.64	1085.86	11.118	0.827
12	1182.38	46.933	1.436	1196.76	1164.92	6.902	0.178
13	1242.07	40.829	7.189	1269.07	1218.93	17.315	1.197
14	1334.85	19.61	27.267	1369.72	1303.76	24.685	6.242
15	1442.66	43.316	2.752	1446.51	1433.01	4.701	0.309
16	1487.01	40.878	4.839	1494.73	1479.3	5.871	0.428
17	1506.23	38.771	17.142	1529.46	1494.73	14.529	2.766
18	1600.81	36.043	8.862	1614.31	1599.23	9.862	1.063
19	3096.96	45.506	0.618	3072.39	3048.39	9.121	0.066
20	3197.79	45.881	0.342	3207.4	3180.11	6.479	0.028
21	3392.56	46.467	1.421	3411.64	3380.96	9.995	0.146



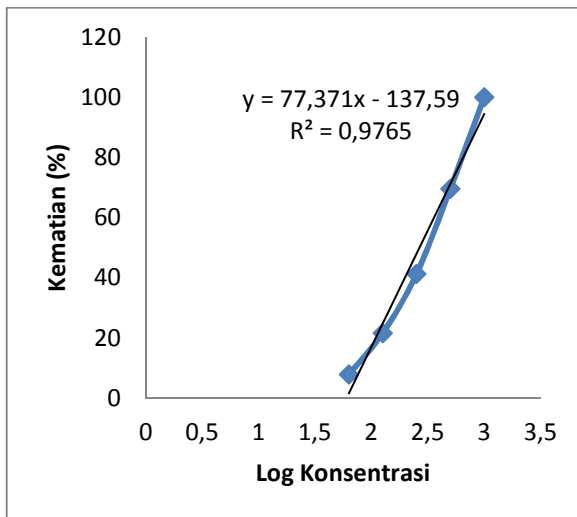
Gambar 2. Spektrum FTIR Kompleks Co(II)- 2(4-nitrofenil)- 4,5-difenil- *1H*- imidazol

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	420.45	44.743	4.982	428.17	408.88	6.269	0.336
2	486.03	41.318	9.128	497.5	465.74	10.499	1.229
3	671.18	41.35	2.71	675.04	544.18	10.509	0.203
4	694.33	21.562	18.567	702.04	578.9	11.981	3.007
5	705.70	25.734	20.076	681.60	744.47	27.147	4.596
6	852.48	32.362	11.742	871.71	540.91	12.770	5.136
7	986.2	40.3	15.177	987.41	325.77	18.319	1.254
8	1075.05	44.700	5.700	1000.30	1041.49	11.947	0.207
9	1107.08	34.339	11.804	1114.78	1085.02	11.79	1.44
10	1186.95	43.795	4.391	1191.35	1172.64	6.55	0.417
11	1207.98	43.600	3.461	1218.37	1168.79	8.91	0.337
12	1245.93	32.194	14.342	1265.22	1216.87	18.537	3.918
13	1307.98	43.424	2.525	1314.97	1297.07	8.91	0.337
14	1339.51	11.545	95.218	1361.35	1298.09	36.567	13.099
15	1439.8	34.104	9.985	1454.25	1423.57	12.690	1.387
16	1480.09	27.43	9.973	1492.2	1468.09	15.997	1.291
17	1517.09	14.11	21.751	1546.5	1498.96	28.261	6.847
18	1558.52	33.478	4.396	1565.58	1555.66	14.527	0.558
19	1596.95	26.517	11.135	1615.24	1583.23	12.250	1.003
20	1636.38	44.367	5.177	1647.1	1631.67	6.264	0.390
21	1680.53	43.368	2.166	1724.24	1695.52	21.495	0.657
22	1740.53	42.801	35.407	1762.30	1736.1	12.77	0.779
23	2820.59	30.365	1.381	2871.74	2792.73	40.420	0.485
24	3055.95	30.365	1.470	3107.02	3050.02	27.474	0.474
25	3059.09	27.364	1.437	3093.0	3004.50	21.903	0.397
26	3076.18	27.135	1.220	3163.14	3062.75	62.720	4.203
27	3444.63	28.757	0.871	3462.54	3426.2	13.265	0.094

LAMPIRAN I
PERHITUNGAN NILAI LC₅₀ METODE *BRINE SHRIMP*
***LETHALITY TEST* (BSLT)**

Tabel 1. Data Hasil Uji Toksisitas BSLT terhadap Kompleks
Co(II)

Konsentrasi (K) ppm	Log K	Mati	Hidup	Akumulasi Mati	Akumulasi Hidup	% Kematian
62,5	1,8	7	23	7	81	7,95454545
125	2,1	9	21	16	58	21,6216216
250	2,4	10	20	26	37	41,2698413
500	2,7	13	17	39	17	69,6428571
1000	3	30	0	69	0	100



Gambar 1. Grafik Hasil Uji BSLT Kompleks Co(II)

Nilai LC_{50} Kompleks:

Perhitungan nilai LC_{50} berdasarkan persamaan linier dari grafik yang didapatkan yaitu:

$$y = ax + b$$

$$y = 77,371x - 137,59$$

$$LC_{50} = 77,371x - 137,59$$

$$50 = 77,371x - 137,59$$

$$50 + 137,59 = 77,371x$$

$$187,59 = 77,371x$$

$$\frac{187,59}{77,371} = x$$

$$2,424 = x$$

$$265,79 = \text{anti log } x$$

$$265,79 \text{ mg/L} = LC_{50}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 07 Juli 1993, sebagai anak terakhir dari pasangan Bapak Soewono dan Ibu Miskanah Asri Y., S.H. dengan satu orang kakak Ekkywona R. N., S.T. Penulis adalah alumnus TK Aisiyah 2 Surabaya, SD Muhammadiyah 6 Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, dan SMA Negeri 1 Surabaya. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN Undangan pada tahun 2011. Selama menempuh pendidikan di ITS penulis aktif dalam organisasi dan kegiatan tingkat jurusan maupun di Paguyuban Beasiswa KSE. Penulis pernah menjabat sebagai staff Departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Kimia 2012/2013, Kepala Bidang Eksternal Departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Kimia 2013/2014. Penulis juga pernah menempuh kerja praktik di PT. Petronika Gresik periode Juli 2014. Penulis menyelesaikan studi di Jurusan Kimia FMIPA ITS dengan mengambil tugas akhir di bidang Kimia Bahan Alam dan Sintesis dengan judul “Sintesis dan Uji Toksisitas Kompleks Kobalt(II) dengan Ligan 2(4-NitroFenil)-4,5-Difenil-1*H*-Imidazol” dengan dosen pembimbing Dr. Fahimah Martak, M.Si. Penulis menerima pertanyaan, kritik, saran dan diskusi melalui email shintadwitifani@gmail.com.